



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

# DATALOGGER S PARALELNÍM ZÁZNAMEM DAT

DATALOGGER WITH PARALLEL DATA LOGGING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

MAREK HAVLENA

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

ING. DANIEL ZUTH, PH.D.

BRNO 2012







## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací modulu dataloggeru, který ukládá data na dvě různá paměťová úložiště, přičemž jedno úložiště je řešeno pomocí SD karty a druhé jako vnitřní paměť mikrokontroléru EEPROM. Také se zabývá synchronizací dat mezi těmito paměťovými úložišti. Komunikace mezi kartami probíhá přes sběrnici SPI a komunikaci s modulem zajišťuje sériové rozhraní řešené USB převodníkem (UART).

## **ABSTRACT**

This Bachelor's thesis is dedicated to the design and implementation of the Datalogger module, which stores data in two different memory storages. First memory storage is solved by using an SD card and the second is the internal EEPROM memory of the microcontroller. It also deals with data synchronization between these memory storages. Communication between the cards is through the SPI bus and communication with the module is provided by a serial interface designed by USB transmitter (UART).

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Datalogger, mikrokontrolér, ATmega, SD karta, zápis, čtení , paměť, EEPROM.

## **KEYWORDS**

Datalogger, microcontroller, ATmega, SD card, write, read, memory, EEPROM.



## PROHLÁŠENÍ O ORIGINALITĚ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma “Datalogger s paralelním záznamem dat” jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce, Ing. Daniela Zutha, Ph.D., a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Marek Havlena, Brno 2012

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HAVLENA, M. *Datalogger s paralelním záznamem dat*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 54 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Daniel Zuth, Ph.D..





## PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing.Danielu Zuthovi, Ph.D., vedoucímu mé bakalářské práce za cenné rady, připomínky a pomoc během zpracovávání bakalářské práce.



## Obsah:

<b>Zadání závěrečné práce .....</b>	<b>3</b>
<b>Abstrakt.....</b>	<b>5</b>
<b>Prohlášení o originalitě .....</b>	<b>7</b>
<b>Bibliografická citace.....</b>	<b>7</b>
<b>Poděkování.....</b>	<b>9</b>
<b>1 Úvod.....</b>	<b>13</b>
<b>2 Mikrokontroléry .....</b>	<b>15</b>
2.1 Typy instrukčních sad .....	16
2.2 Architektury mikropočítačů.....	16
2.3 Řady mikrokontrolérů Atmel.....	17
2.4 Blokové Schéma.....	18
2.5 Periferie .....	19
2.6 Vnitřní paměť EEPROM.....	25
2.7 I/O porty .....	25
<b>3 Paměti.....</b>	<b>27</b>
3.1 Rozdělení paměti.....	27
3.1.1 Vnitřní paměti.....	28
3.1.2 Vnější paměti.....	30
3.2 Paměťové karty .....	31
<b>4 Popis použitého hardwaru .....</b>	<b>33</b>
4.1 Vlastnosti mikrokontroléru ATmega128 .....	33
4.2 Vlastnosti základové desky .....	34
4.3 UniProg-USB - universální Programátor .....	35
4.4 Teplotní čidlo Dallas DS18B20 .....	35
4.5 Paměťová microSD karta Kingstone.....	36
<b>5 Návrh modulu dataloggeru.....</b>	<b>37</b>
5.1 Hotový modul dataloggeru.....	39
5.2 Základní příkazy SPI módu SD karty.....	40
5.2.1 Registry SD karty .....	41
5.3 Souborový systém FAT32.....	42
<b>6 Program.....</b>	<b>43</b>
6.1 Inicializace .....	43
6.2 Základní menu.....	44
6.2.1 Seznam souborů .....	44
6.2.2 Přečtení souboru.....	45
6.2.3 Smazání souboru .....	45
6.2.4 Kapacita SD Karty.....	46
6.2.5 Teplota.....	46
6.2.6 Záznam dat (datalogger).....	47
6.2.7 Synchronizace dat s EEPROM.....	49
6.2.8 Smazání souborů na SD kartě.....	50
<b>7 Závěr.....</b>	<b>51</b>
<b>Seznam použité literatury.....</b>	<b>53</b>



# 1 ÚVOD

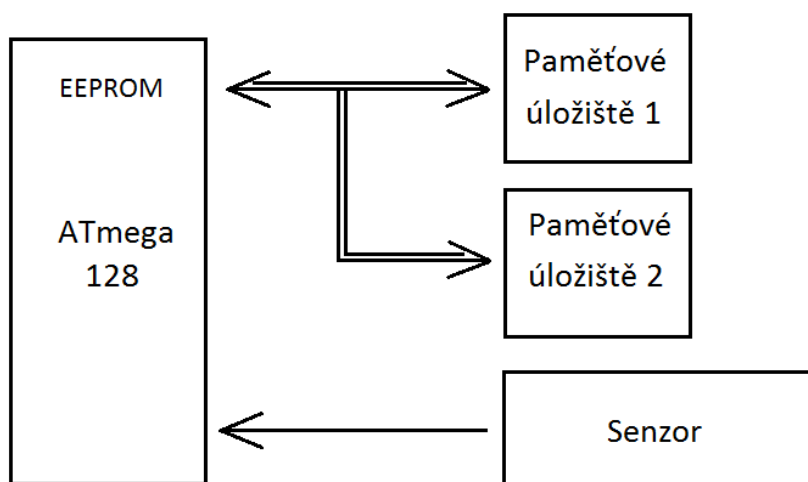
Dataloggery se převážně využívají k archivování, zaznamenávání a zálohování dat. V práci se budeme nejdříve zabývat architekturou, periferiemi samotného mikrokontroleru, který v této práci bude využit pro komunikaci. Dále budou probrány základní druhy paměti a paměťových médií.

Práce se zabývá návrhem takového modulu dataloggeru, který se skládá ze dvou paměťových úložišť, na která by se zaznamenávala shromažďovaná data. Modul dataloggeru se bude připojovat přes konektor k mikrokontroleru ATmega128.

Nápadem je, že se na paměťová úložiště budou ukládat data, z připojeného senzoru. Bude otestována funkčnost při měření teploty, ale je možné shromažďovat data z kteréhokoliv připojeného zařízení, které nám bude poskytovat nějaká data. Data se budou ukládat na obě paměťová úložiště, která budou řešena SD kartou, a vnitřní paměti mikrokontroleru EEPROM. Bude zde i slot pro druhou kartu, pro možnost budoucího rozšíření funkcí a použití. Data se budou zapisovat na SD kartu a do EEPROM. Budou se ukládat do souborů na kartu, takže na kartě se bude nacházet souborový systém FAT32. Kartu bude možné vysunout, a dát jinou nebo stejnou a nechat si data sesynchronizovat s daty z EEPROM tak, aby byla všechna data z EEPROM a na kartě shodná. Vyvolá se přerušení a karta se inicializuje a nashromážděná data v EEPROM se můžou nechat přes menu sesynchronizovat na vloženou kartu. Předěslá vytvořená data na kartě budou vymazána (v případě, že existují). Data, která má uživatel na kartě zůstanou nedotčena, pokud ovšem nemají stejný název a typ souboru.

Ke komunikaci s modulem bude sloužit sériové rozhraní UART, kde přes terminál půjdou zadávat některé základní dotazy, jako jsou vypsání souborů, které SD karta obsahuje, vypsání obsahu souboru přes UART, zjištění celkové velikosti a volného místa karet, vytvoření souboru, vymazání souboru. Dále se zde bude spouštět zaznamenávání a ruční synchronizace dat.

Takto navržený modul může být využit na různé účely, kde je třeba uchovat nějaká data pro pozdější zpracování třeba na PC. Např. může být využit jako datové úložiště při měření různých fyzikálních veličin, ve spolupráci s GPS jako tracker, kniha jízd v autě, prostředník pro nějaké důmyslné zařízení, při použití Bluetooth, ZigBee nebo XBee možnost bezdrátové obsluhy.



Obr. 1 Blokové schéma Dataloggeru



## 2 MIKROKONTROLÉRY

První mikroprocesor vůbec vyvinula americká firma INTEL, který představila 15. listopadu 1971 s kódovým označením Intel 4004. Vývoj od té doby je obrovský a tak se setkáváme v zásadě se třemi pojmy:

- **Mikroprocesor** - je složitý logický obvod, který je srdcem mikropočítače. Vykonává sled aritmeticko-logických operací dle daného programu a realizuje námi požadovanou funkci. Samotný program, dle kterého mikroprocesor pracuje, je uložen v paměti programu ve formě instrukcí, které jsou postupně načítány a vykonávány. Mikroprocesor zpracovává data v paměti, řídí tok dat ze vstupních obvodů do mikropočítače, zde je zpracovává a také řídí tok dat ven z mikropočítače přes výstupní obvody. V dnešní době je základem osobních počítačů a bez paměti a podpůrných obvodů není schopen pracovat. Je postavený na Von Neumannově architektuře a používá kompletní sadu instrukcí (CISC).
- **Jednočipový mikropočítač** - mikroprocesor je jen řídicí jednotka a pro svoji funkci vyžaduje paměť, ve které je uložen samotný program a zvlášť další paměť, ve které jsou uložena data, se kterými mikroprocesor pracuje. Dále pak vyžaduje vstupní a výstupní obvody, přes které komunikuje s okolím a ovládá připojená zařízení. Integrovaním těchto částí na jediný čip tak vznikne jednočipový mikropočítač. Je postavený na Harvardské architektuře a využívá redukovanou sadu instrukcí (RISC).
- **Mikrokontrolér (MCU)** - je takový jednočipový mikropočítač, který navíc obsahuje ještě další obvody, např. analogově-digitální nebo digitálně-analogový převodník, čítač / časovač, komparátor, synchronní sériový port, USB, PWM (pulsně-šířkový modulátor), EEPROM, FLASH a další. Mikrokontroléry se obvykle používají pro tzv. vestavné (embedded) aplikace, tzn. že jsou součástí nějakého dalšího zařízení, kde plní nějakou specifickou funkci a jsou proto na ně kladeny speciální požadavky, např. malé rozměry, nízká cena a spotřeba, velký rozsah pracovních teplot apod.

V současné době se u nás staly nejrozšířenějšími mikrokontroléry firmy ATMEL rodiny AVR a mikrokontroléry PIC firmy MICROCHIP. My si zde blíže představíme mikrokontroléry ATMEL AVR, jenž jsou nejmladšími na poli mikrokontrolérů a popíšeme si blíže jejich architekturu a periferie.

Mikrokontroléry dnes nalezneme téměř ve všech moderních elektronických přístrojích. Své místo mají nejen v systémech, kde je třeba složité řízení nebo ovládání, ale rovněž i slouží např. k řízení různých částí automobilů, v přenosných lékařských přístrojích, dálkových ovládacích, měřicích přístrojích, mobilních telefonech, mp3 přehrávačích, televizích apod.

Velkou výhodou použití mikrokontrolérů je, že dokážou nahradit velké množství logických obvodů a díky různým periferiím, které jsou již v mikrokontroléru integrovány, dokážou nahradit i další integrované obvody. Tím je možné nejen snížit náklady, ale i navrhnout přívětivější rozhraní nebo implementovat funkce, které zvyšují komfort celého zařízení. Díky použití mikrokontroléru můžeme rovněž celé zařízení zdokonalovat pouhou změnou programu, aniž by bylo nutné zasahovat do konstrukce celého zařízení.

## 2.1 Typy instrukčních sad

### ➤ Kompletní sada instrukcí CISC (Complex Instruction Set Computer)

- obsahuje mnoho typů instrukcí a byla zavedena jako protiklad procesorů RISC. Hlavní výhodou je, že instrukce mohou být komplikované a jedna instrukce může zajistit určité komplexní služby.

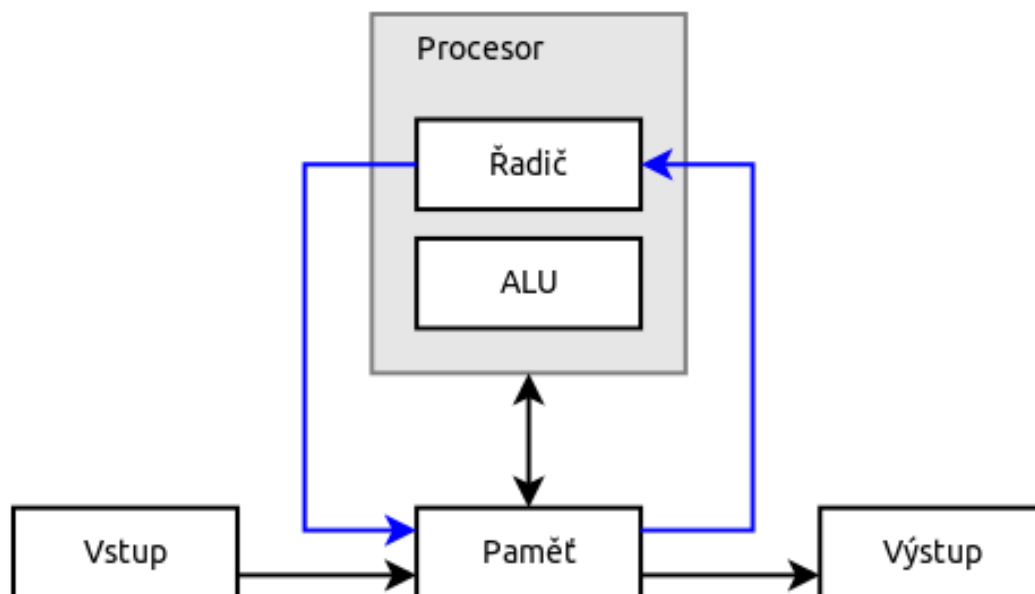
### ➤ Redukovaná sada instrukcí RISC (Reduced Instruction Set Computer)

- je založena na tom, že 80% všech výpočtů lze provést pouze s 20% všech dostupných instrukcí. Hlavní vlastnosti RISCových procesorů:

- obsahuje převážně jednoduché instrukce
- délka provádění jedné instrukce je vždy jeden cyklus
- technika řetězení instrukcí (pipeline)
- délka všech instrukcí je stejná

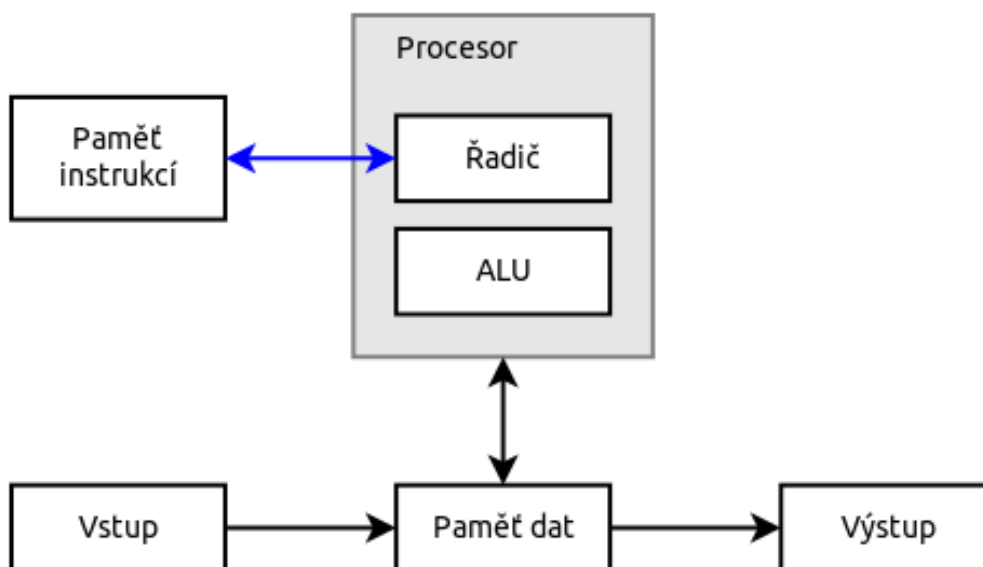
## 2.2 Architektury mikropočítačů

V zásadě existují dvě koncepce. Von Neumannova (Obr. 2) a Harwardská (Obr. 3) architektura. Jejich hlavní rozdíl je v organizace paměti. Harwardská je má oddělené, zvlášť pro data a pro program, kdežto Von Neumannova má společnou paměť pro program i data. Více informací na [4].



Obr. 2 Von Neumannova architektura[4]





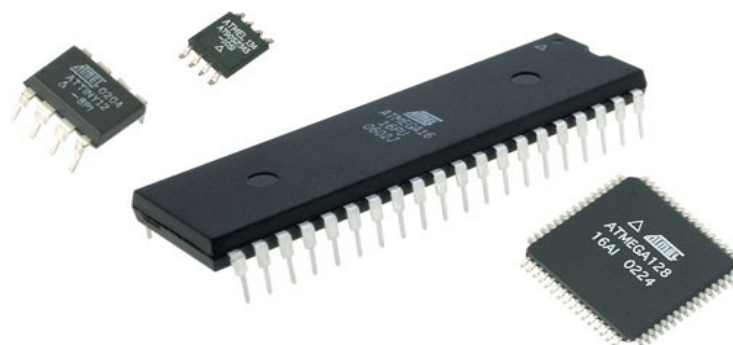
Obr. 3 Harwardská architektura[4]

## 2.3 Řady mikrokontrolérů Atmel

Atmel vyrábí 4 základní řady mikrokontrolérů AVR:

- 8-bit tinyAVR
  - 1 - 8KB programové paměti
  - 8 - 32 pinů
  - Počet instrukcí - 90
  - Omezená sada periférií
- 8-bit megaAVR
  - 4 - 256 KB programové paměti
  - 28 - 100 pinů
  - Rozšířená instrukční sada - 130 instrukcí
  - Rozsáhlá sada periférií
- 8/16-bit AVR XMEGA
  - 16 - 256 KB programové paměti
  - 44 - 100 pinů
  - Rozšířené technologické vlastnosti - DMA a šifrování
  - Rozsáhlá sada periférií - DAC a ADC převodníky
- 32-bit AVR UC3
  - 16 - 512 KB programové paměti
  - 48 - 144 pinů
  - Rozsáhlá sada periférií - dual port SRAM, více vrstvá datová sběrnice, ...

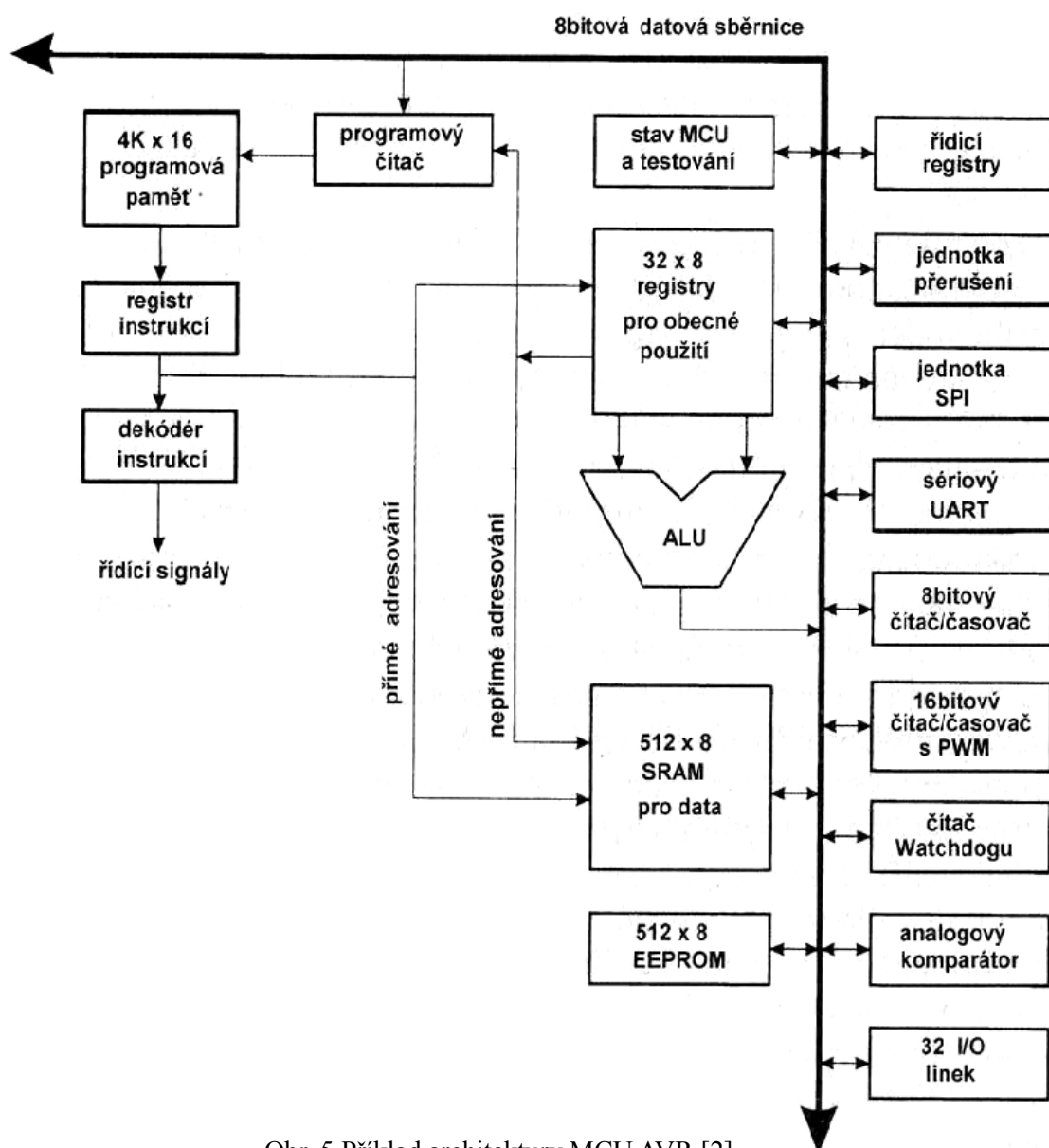
Více informací na [5,6].



Obr. 4 Mikrokontrolery AVR firmy Atmel [7]

## 2.4 Blokové schéma

Architekturu typického mikrokontroléru AVR ukazuje Obr. 5.



Obr. 5 Příklad architektury MCU AVR [2]

Jádro AVR se skládá ze 32 osmibitových registrů, které mohou obsahovat jak data, tak i adresy. K přístupu k těmto univerzálním registrům stačí jeden hodinový cyklus. Tyto registry jsou propojeny s ALU (Arithmetic Logic Unit) a to znamená, že během jednoho hodinového cyklu se provede jedna ALU operace. Posledních 6 registrů lze použít ve dvojici jako ukazatele adresy pro nepřímé adresování paměti dat. ALU umožňuje aritmetickologické operace mezi registry nebo mezi registrem a konstantou. Také umožňuje operace s jediným registrem.

Paměťový prostor dále obsahuje 64 adres I/O registrů sloužících k periferním funkcím jako jsou řídicí registry, čítače/časovače, A/D převodníky a další I/O funkce.

Mikrokontroléry využívají koncepci Harwardské architektury, tj. oddělené paměti zvlášť pro program a zvlášť pro data.

Dále budou podrobněji proberány nejdůležitější periferní obvody, které obsahuje mikrokontrolér.

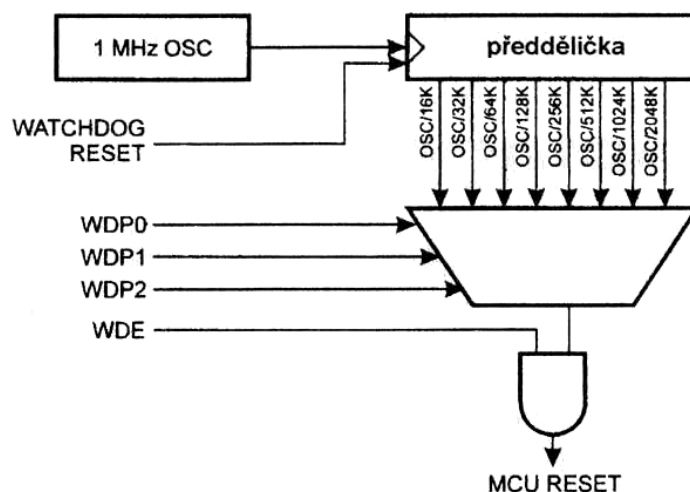
## 2.5 Periferie

Mimo ALU a paměťového systému jsou součástí mikrokontroléru i další obvody, které jsou zobrazeny na Obr.4. Patří mezi ně například obvody Watchdog, UART, čítače/časovače, A/D převodník, analogový komparátor, jednotka SPI. My se zde blíže podíváme jen na nějaké z nich. na přerušovací systém, obvod resetu a základní části architektury AVR.

### ➤ Hlídací obvod Watchdog

Je to hlídací obvod (časovač), který je zapnut ihned po resetu mikropočítače nebo později z programu. Jeho základna je buď pevně svázána s hodinami mikropočítače nebo může být nastavena nějakým jiným způsobem, např. programem. Po vypršení časového limitu vyvolá časovač automatický reset, pokud ho nějakým podmíněm nevynulujeme ( speciální instrukcí, signálem, zapsáním hodnoty do řídicího registru).

Watchdog se využívá k předejití zacyklení programu, chybné zamaskování přerušovacího signálu nebo překonfigurování periferních obvodů. Program nevynuluje do vypršení časového limitu časovač Watchdogu a ten provede reset. Je to taková technická implementace toho, co provádíme u PC, který se důsledkem chyby operačního systému, náhodné chyby technických prostředků či chybou aplikačního programu zasekne.

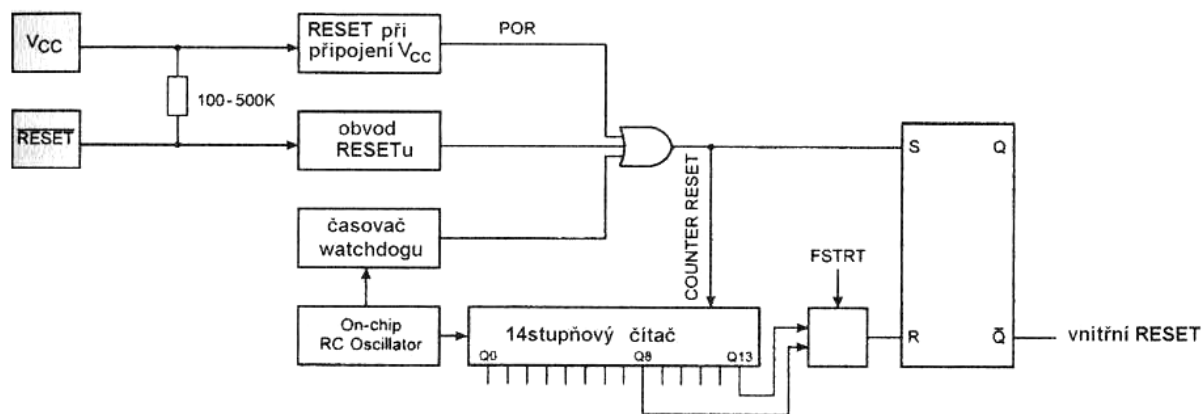


Obr. 6 Blokové schéma hlídacího obvodu Watchdog [2]

### ➤ Obvod resetu

Tento obvod má tři zdroje:

- ❖ Watchdog
- ❖ Automatický reset po připojení k napájení POR ( Power-on Reset)
- ❖ Externí reset přivedením nuly na vývod /RESET MCU na dobu delší než 50 ns



Obr. 7 Schéma obvodu RESETu [2]

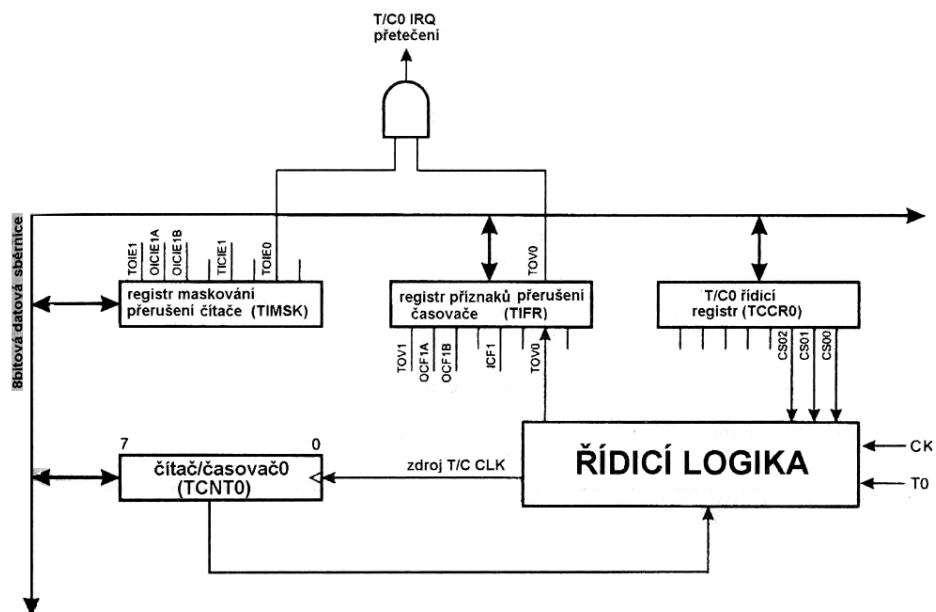
O tom, co bylo zdrojem resetu je uloženo ve stavovém registru MCUSR.

### ➤ Čítače/časovače

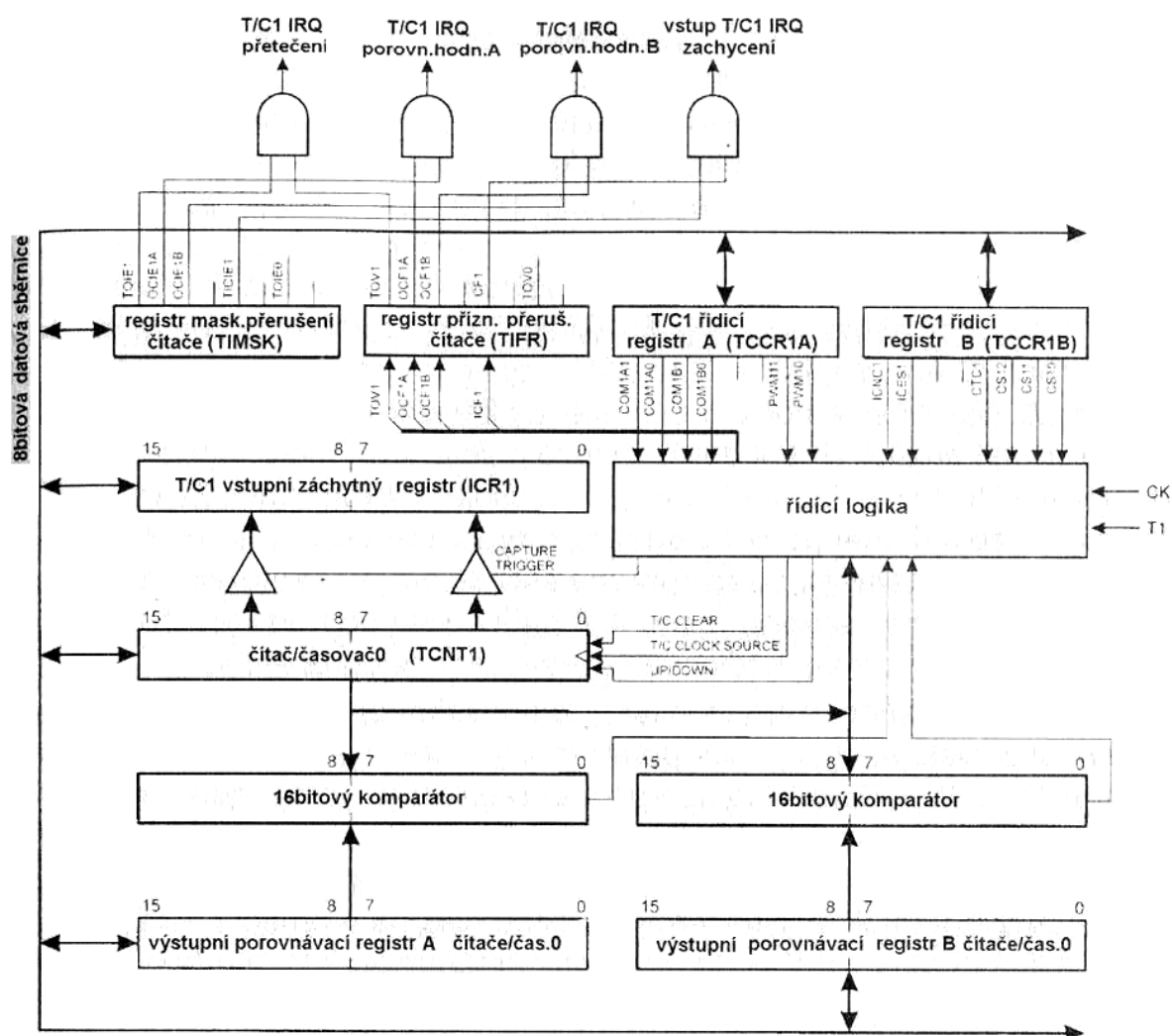
MCU AVR mají v sobě zabudovaný 8 bitový čítač/časovač0 (Obr. 8 a 16 bitový čítač/časovač1 (Obr. 9). Nejjednodušší řady ATtiny obsahují pouze jeden 8 bitový čítač/časovač0. Námí používaná ATmega128 obsahuje dva 8 bitové a dva 16 bitové čítače/časovače.

Čítač/časovač0 slouží k čítání hodinového kmitočtu procesoru (signál CK) a je mu přidělena předdělička s možností výběru dělicího poměru 1 až 1024 v krocích 4, 8, 64, 256 a 1024. Dále může čítat vnější impulsy přivedené na vstup T0 a to buď na vzestupnou nebo sestupnou hranu (nastavuje se v řídicím registru TCCR0). Je realizován jako čítač čítající vpřed s možností čtení i zápisu do TCNT0.

Čítač/časovač1 je multifunkční. Lze ho využít jako Čítač/časovač0, jako 16bitovou jednotku compare/capture a nebo jako generátor signálu pomocí PWM (pulzně-šířková modulace). Obsahuje navíc záchytný registr a dva komparační registry.



Obr. 8 Čítač/časovač č. 0 [2]



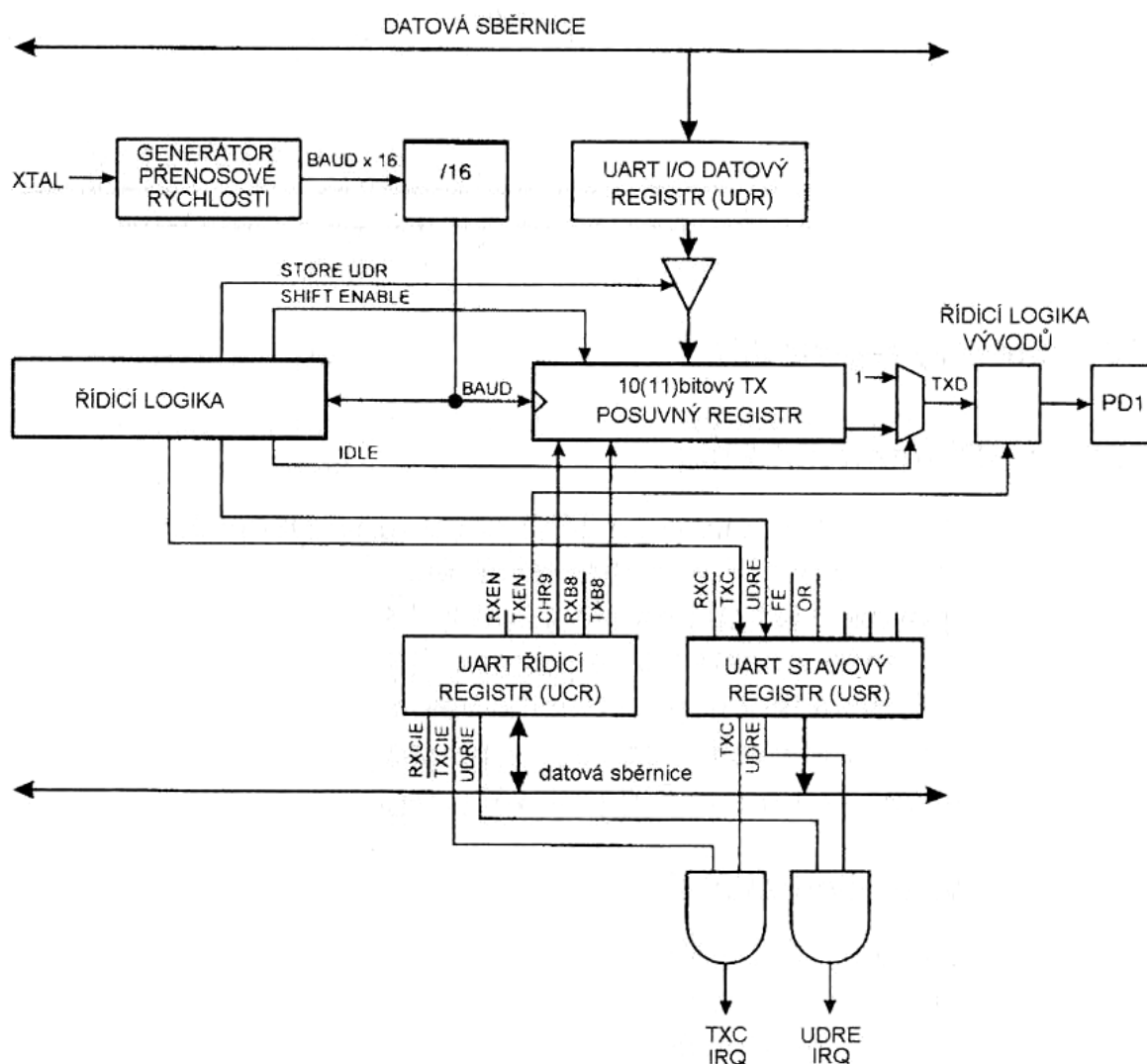
Obr. 9 Čítač/časovač č. 1 [2]

## ➤ UART

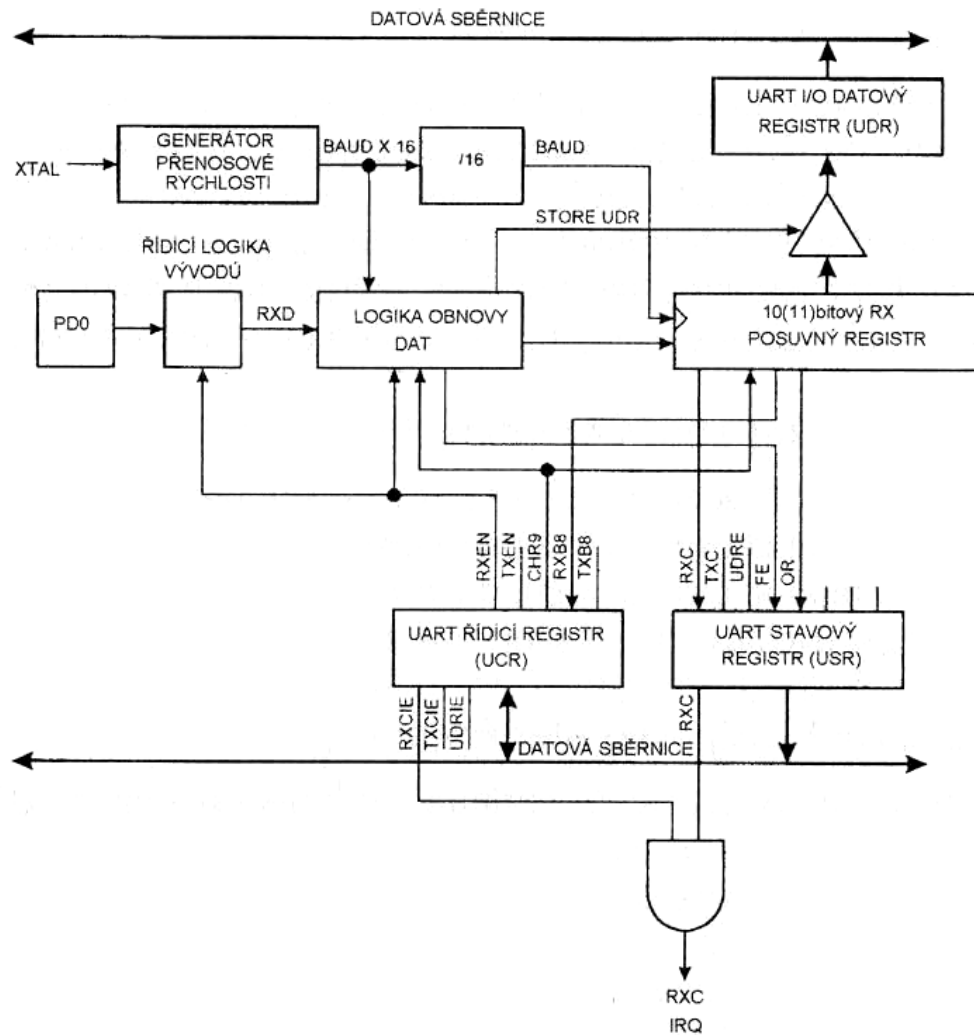
Universální sériový přijímač/vysílač, asynchronní a plně duplexní kanál umožňující komunikaci v 8 a 9bitovém asynchronním režimu. Mimo jiné také obsahuje filtraci šumu, detekce falešného start bitu, přetečení datového registru a detekci chybného znaku.

Sériový kanál disponuje celkem třemi vektory přerušení: vysílání dokončeno (prázdný vysílací registr), vysílací vyrovnávací registr prázdný a příjem kompletní). Obsahuje i vlastní generátor přenosových rychlostí, který využívá kmitočet hlavní oscilátoru a tím je možno docílit vysokých přenosových rychlostí.

K řízení se používá řídicí registr UCR, datový registr UDR, stavový registr USR a registr přenosových rychlostí UBRR.



Obr. 10 Blokové schéma vysílací části [2]



Obr. 11 Blokové schéma přijímací části [2]

### ➤ SPI (Serial Peripheral Interface) - synchronní sériový port

Používá se při programování vnitřních pamětí (ISP) a také slouží pro komunikaci při běhu programu. Rozhraní SPI umožňuje nastavit typ zařízení, tj. zda je typu Master nebo Slave. Obsahuje vlastní generátor přenosových rychlostí a lze nastavit čtyři přenosové rychlosti. Rozhraní je schopné detekovat kolizi na sběrnici a v případě, že je v módu Slave dokáže probudit mikroprocesor z IDLE módu.

Řídící registr SPI sběrnice je vidět na Obr. 12

#### SPI Control Register - SPCR

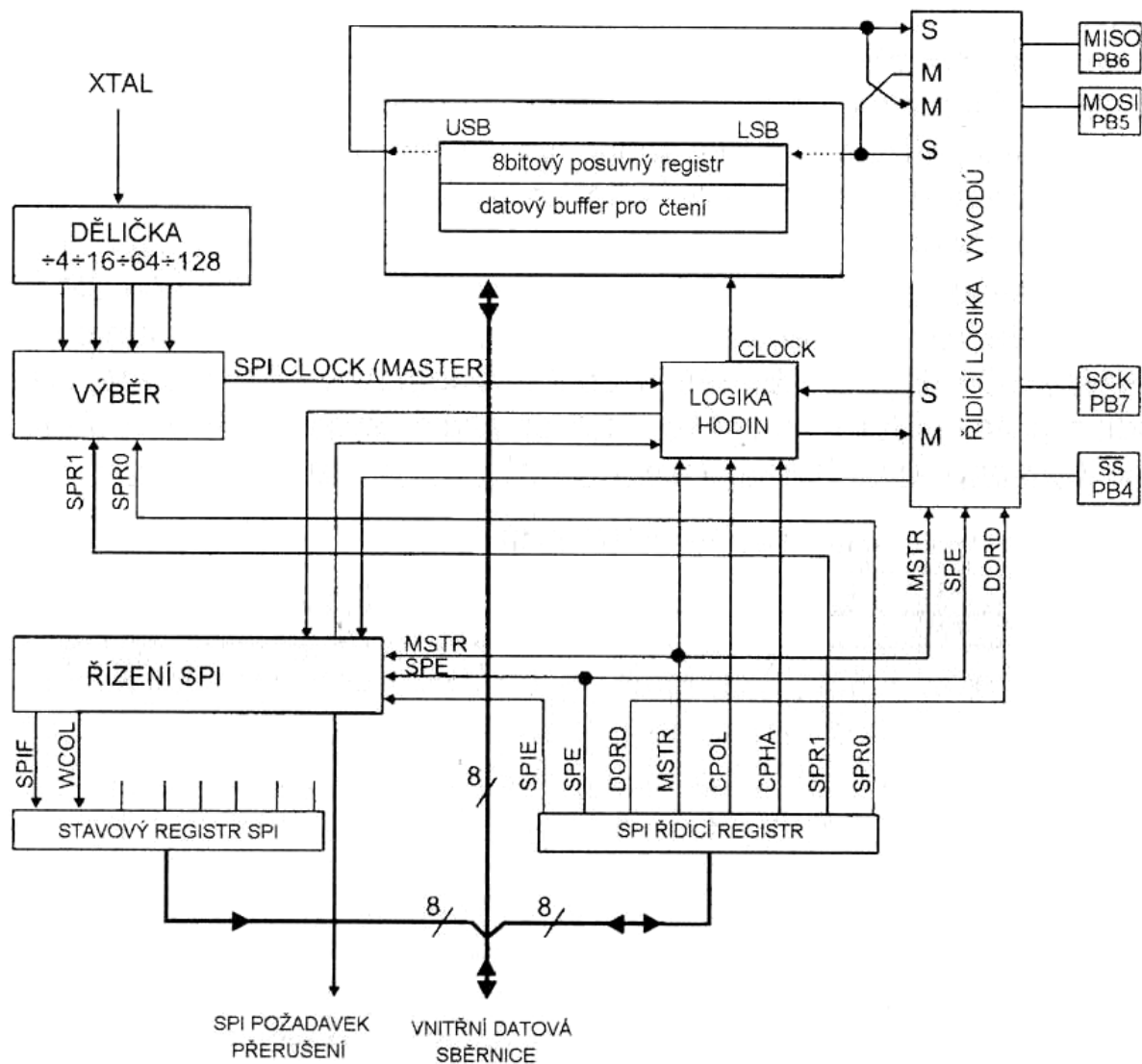
řídící registr SPI

bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
\$0D (\$2D)	SPIE	SPE	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0	SPCR
čtení/zápis	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
počáteční hodnota	0	0	0	0	0	0	0	0	

Obr. 12 Řídící registr SPCR

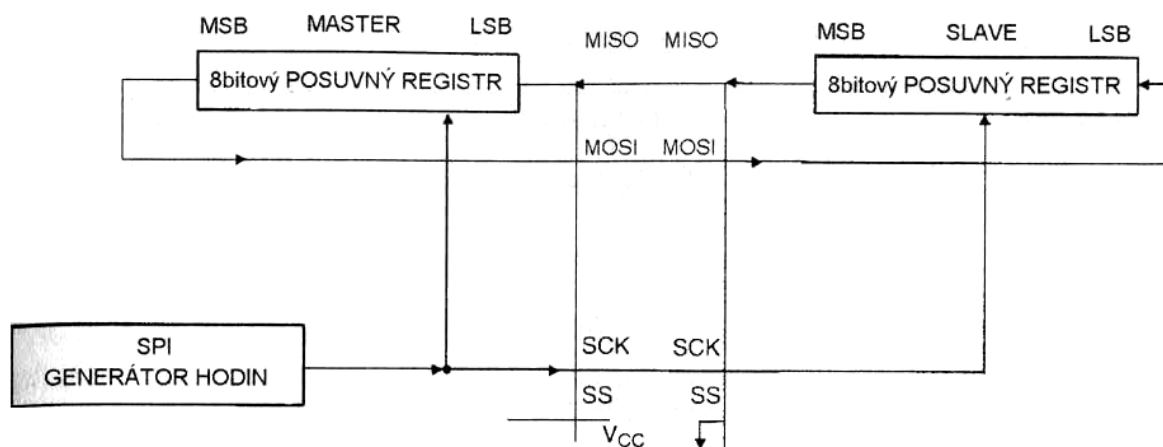
Bit 6 - SPE (SPI Enable) slouží k povolení funkce SPI.

Bit 4 - MSTR (Master/Slave Select) slouží k vybrání zařízení jako Master (1) či Slave (0).



Obr. 13 Komplettní blokové schéma synchronního sériového kanálu [2]

Spojení mezi CPU, které je Master a CPU které je Slave ukazuje obr. 14.



Obr. 14 SPI spojení MASTER a SLAVE [2]



SCK je v režimu Master zdrojem hodinových pulzů a v režimu Slave je vstupem. Zápisem do SPI datového registru v CPU Master se začnou generovat hodinové impulzy a zapsaná data v posuvném registru se z něho posouvají přes výstup MOSI (Master Out Slave In) a vstupují do vstupu CPU Slave. Po přesunutí jednoho byte se SPI hodinový generátor zastaví a nastaví se příznak konec přenosu SPIF. Je-li nastavený bit SPIE (povolení SPI přerušení) v registru SPCR, je po ukončení přenosu vyslán požadavek na přerušení.

Na Obr.14 je vidět, že při přesouvání dat z CPU Master do CPU Slave se současně posouvají i data z CPU Slave do CPU Master.

## **2.6 Vnitřní paměť EEPROM**

Programy vyžadují uchovat některá data i po vypnutí přístroje tak, aby bylo možné ho kdykoliv přepsat. Tomuhle vyhovují paměti EEPROM. Tento druh paměti uchovává svá data i po odpojení napájení. Má ale omezený počet zápisových/mazacích cyklů, které se pohybují kolem 100 000. Komunikace se děje stejně jako u ostatních periférií, které jsou mapované do oblasti I/O portů pomocí instrukcí IN a OUT. K přístupu do EEPROM je třeba datový, adresový a řídicí registr.

## **2.7 I/O porty**

MCU řady ATmega obsahují šest 8bitových obousměrných bran (portů). Konkrétně jsou to PORT A, PORT B, PORT C, PORT D, PORT E a PORT F. Každý port je mapován na tři adresy - vstupní vývody(PIN), výstupní vývody(PORT) a směrový registr(DDR). Konkrétně tedy pro PORT A jsou to (PINA, PORTA, DDRA).

PIN umožňuje přístup k fyzické hodnotě vlastního portu a na výstupní registr PORT lze zapisovat výstupní data. Registr DDR slouží k definici příslušného vývodu, tedy jestli bude daný pin vstupem nebo výstupem. K portům lze přistupovat jak bitově tak bytově.

Informace v této kapitole byly čerpány z [1,2,3].



### 3 PAMĚTI

Elektronická paměť je elektronická součástka, zařízení nebo materiál, který umožní uložit a uchovat informaci po delší dobu a poté ji zpětně zase přečíst. Informace je obvykle uložena jako číselná hodnota nebo je nositelem informace modulovaný analogový signál. Kvůli svým vlastnostem, snadné realizaci a použití se využívá binární (dvojková) číselná soustava, kterou reprezentují dva stavy (1 a 0).

Základní jednotkou ukládané informace je jeden bit (1b), který může nabývat již zmíněných dvou hodnot. Tedy logické jedničky a logická nuly. Vyšší jednotkou je jeden byte (1B), který se skládá z osmi bitů. Při vyšších kapacitách je třeba zavést i vyšší jednotky. Vzniká nám tedy kilobajt (1KB = 1024B), megabajt (1MB = 1024KB), gigabyte (1GB = 1024MB).

Pro správnou funkci paměti je ještě třeba adresovat každou paměťovou buňku. Adresa je opět zastoupena číselnou hodnotou.

#### 3.1 Rozdělení pamětí

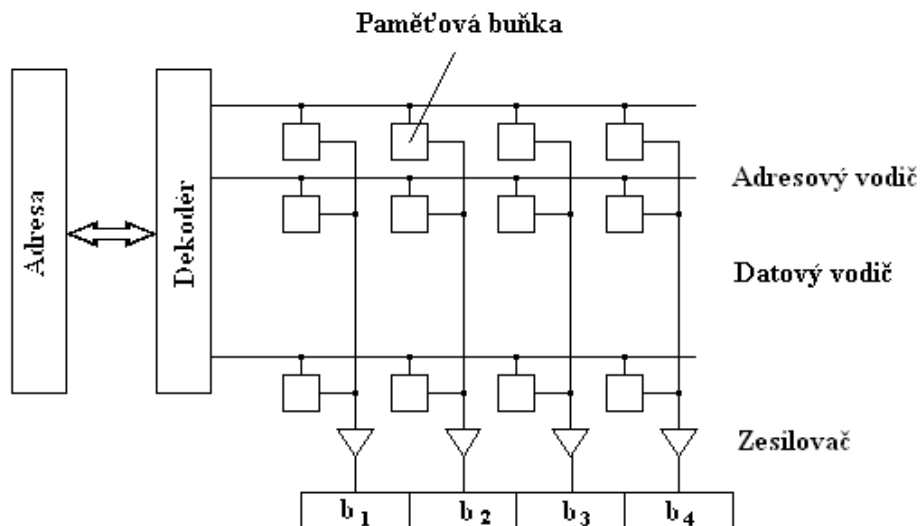
Paměti se dělí na vnitřní a vnější. S vnitřní pamětí mikroprocesor bezprostředně spolupracuje a slouží k ukládání dat a instrukcí, kdežto vnější paměť slouží k dlouhodobému uchování dat.

Základní technické parametry:

- **Kapacita** - množství informací, které lze do paměti zapsat. Velikost kapacity paměti se uvádí v násobcích bytů jak již bylo zmíněno výše
- **Přístupová doba** - udává rychlost přístupu k uloženým datům v paměti - doba od okamžiku žádosti o informace z paměti do okamžiku, než je požadovaná informace k dispozici
- **Přenosová rychlost** - udává množství dat, které lze z paměti přečíst nebo do ni zapsat za jednotku času.
- **Energetická závislost**
  - ❖ nezávislé - po vypnutí napájení si paměť uchová zaznamenaná data
  - ❖ závislé - po vypnutí napájení paměť svá data ztrácí
- **Statické, dynamické**
  - ❖ **statické paměti** - zaznamenanou informaci si uchovávají po celou dobu připojení k napájení
  - ❖ **dynamické paměti** - zaznamenanou informaci ztrácí i když jsou připojeny k napájení a je tedy nutné je neustále periodicky oživovat
- **Přístup**
  - ❖ **sekvenční** - před zpřístupněním požadované informace z paměti je nutné přečíst všechny předešlé informace
  - ❖ **přímý** - možné zpřístupnit požadovanou informaci přímo

### 3.1.1 Vnitřní paměti

Vnitřní (interní) paměti jsou zapojeny jako matice paměťových buněk. Každá buňka má kapacitu jeden bit a může tedy uchovávat pouze hodnotu 1 nebo 0. Obecnou strukturu této paměti můžeme vidět na Obr. 15.



Obr. 15 Struktura vnitřní paměti [9]

Při čtení nebo zápisu je nejprve dána adresa paměťového místa, se kterým se bude pracovat. Adresa je přivedena na vstup dekodéru, který podle zadané adresy vybere jeden z adresových vodičů a nastaví na něm logickou 1.

Při čtení z paměti buňkami projde nebo neprojde logická 1 na datový vodič na vybraném řádku. Následně jsou informace na koncích datových vodičů zesíleny zesilovači a uloženy do bitů  $b_1$  -  $b_4$ .

Zápis probíhá analogicky, akorát v bitech  $b_1$  -  $b_4$  se nacházejí informace, které mají být zapsány a jsou poté uloženy do paměťových buněk na řádku odpovídajícím vybraným vodičům.

Vnitřní paměť lze rozdělit do základních skupin:

- Registr
- Cache
- ROM
- PROM
- EPROM
- EEPROM
- Flash
- RAM - DRAM
- SRAM

#### ❖ Registr

Jednotka paměti určená k dočasnému nebo dlouhodobějšímu uchování informace obvykle o velikosti byte. Je to nejrychlejší paměť a její výhoda je, že nemá žádnou přístupovou dobu, ale je velmi drahá. Využívá se v mikroprocesorech jako registry.

#### ❖ Cache

Cache je označení pro vyrovnávací paměť. Používá se mezi rychlým zařízením (např. procesor) a pomalejším zařízením (např. operační paměť) aby nedocházelo k prodávám. Je vyrobena z obvodů SRAM a má přístupovou dobu 1 - 20ns.

❖ **Paměti ROM (Read Only Memory)**

Jsou to paměti určeny pouze pro čtení. Informace jsou do ní pevně zapsány při výrobě a není možné nějak jejich obsah změnit. Jedná se o statickou, energeticky nezávislou paměť určenou pouze ke čtení.

❖ **Paměti PROM (Programable Read Only Memory)**

Paměť PROM neobsahuje po vyrobení žádnou informaci a je jen na uživateli, aby potřebné informace do paměti zapsal. To je možné provést pouze jednou a poté již paměť slouží jako paměť ROM.

❖ **Paměti EPROM (Eraseable Programable Read Only Memory)**

Paměť EPROM je statická a energeticky nezávislá paměť, do které může uživatel zapisovat. Zapsané informace je možné vymazat ultrafialovým zářením. Jsou realizovány pomocí speciálních unipolárních tranzistorů, které jsou schopny na přechodu udržet elektrický náboj po dobu až několika let. Tento náboj lze vymazat působením UV záření. Paměti EPROM jsou charakteristické malým okénkem v pouzdře integrovaného obvodu. Pod okénkem je umístěn vlastní paměťový čip, na který směřuje při vymazávání zdroj UV záření.

❖ **Paměti EEPROM (Electrically Eraseable Programable Read Only Memory)**

Pracují na podobném způsobu jako paměti EPROM. Výhodou oproti nim je, že vymazání se provádí elektricky, čímž odpadá nepohodlná manipulace s pamětí při jejím mazání.

❖ **Paměti Flash**

Flash paměti jsou obdobou pamětí EEPROM. Jedná se o paměti, které je možné naprogramovat. Vymazání se provádí elektricky a jejich přeprogramování je možné provést přímo v počítači a proto tedy není nutné před vymazáním (naprogramováním) paměť vyjmout a umístit do speciálního programovacího zřízení.

❖ **Paměti RAM**

Tyto paměti jsou určeny pro čtení i zápis dat. Jsou energeticky závislé a podle toho, zda jsou dynamické nebo statické, je dále rozdělujeme na paměti DRAM a SRAM.

• **Paměti SRAM (Static Random Access Memory)**

Tyto paměti uchovávají informaci v sobě uloženou po celou dobu připojení ke zdroji elektrické energie. Paměťová buňka je realizována jako bistabilní klopný obvod, tj. obvod, který se může nacházet vždy v jednom ze dvou stavů 0 a 1 a tím určují, zda je v paměti uložena hodnota 1 či 0. Používají se v mikrokontrolérech.

• **Paměti DRAM (Dynamic Random Access Memory)**

Zde je informace uložena pomocí elektrického náboje na kondenzátoru. Tento náboj má tendenci se vybíjet i v době, kdy je paměť připojena k napájení. Aby nedošlo k vybití a tím i ke ztrátě uložené informace, je nutné provádět periodický refresh (oživování) paměťové buňky.

### 3.1.2 Vnější paměti

Tyto paměti jsou určeny k trvalému ukládání informací (programů a dat). Jejich obsah zůstává zachován i po odpojení napájení. Data jsou organizována do souborů podle pravidel použitého souborového systému (např. FAT16, FAT32, NTFS).

#### ➤ Disketa (FDD)

Princip čtení a zápisu dat je podobný jako u HDD, hlavičky se ale přímo dotýkají magnetického povrchu desky. Je to oboustranný magnetický nosič informace. Máme tři druhy disket s rozdílnou kapacitou. 3,5" má kapacitu od 720 KB do 1,44 MB, což je maximální kapacita tohoto média. 5,25" má kapacitu od 360 KB do 1,2 MB, ZIP disketa má kapacitu 100, 250 a 750 MB. Tento typ média se již v dnešní době téměř nepoužívá.

#### ➤ Compact Disc (CD, CD-ROM, CD-R, CD-RW)

Je to velkokapacitní paměťové médium s kapacitami - 250 MB, 650 MB, 700 MB, 800 MB a 900 MB. Data jsou zaznamenávány lisováním (CD-ROM) nebo laserem (CD-R, CD-RW). U CD-RW záznamové barvivo nepodléhá nezvratné změně, ale pouze k fázové změně (z krystalické na amorfni) a je tedy možné ho vymazat a nahrát na něj jiná data. Čtení disku probíhá pomocí laseru a optické soustavy. CD médium má ve svém povrchu vylišovánou drážku ve formě spirály, v které jsou uložena data. V dnešní době se používá převážně v hudebním průmyslu k reprodukci hudby.

#### ➤ Digital Versatile Disc (DVD, DVD-ROM, DVD+-RW, DVD+-R, DVD-RAM)

Velkokapacitní paměťové médium s podstatně vyšší kapacitou než CD. Jednovrstvé (jednostranné) má kapacitu 4,7 GB, dvouvrstvé (jednostranné) má kapacitu 8,5 GB, jednovrstvé (oboustranné) má kapacitu 9,4 GB a dvouvrstvé (oboustranné) s maximální kapacitou 17 GB. Na DVD se bez problémů vejde celovečerní film s trojrozměrným zvukem namluveným devíti jazyky + 32 jazykových titulků. Na DVD se dají též ukládat data a programy a tak se DVD spíše označuje jako digitální víceúčelový disk.

#### ➤ BLUE-RAY (BD, BD-ROM, BD-R, BD-RE)

Pro čtení se používá laserové světlo s vlnovou délkou 405 nanometrů. Tak jako CD a DVD, má i blu-ray disk průměr 12 cm. Menší provedení má průměr 8 cm. Disky umožňují záznam dat s celkovou kapacitou až 25 GB u jednovrstvého disku, 50 GB u dvouvrstvého disku a až do 100 GB u oboustranného dvouvrstvého disku. Díky umístění záznamu 0,1 mm pod povrch je možné vyrobit hybridní disk s DVD i Blu-ray záznamem na jedné straně. Čtecí zařízení pro disky blu-ray byly vyvinuty s ohledem na CD a DVD. Umožňují tedy čtení všech tří typů disků.

#### ➤ Flash paměť

Elektricky programovatelná paměť, vnitřně organizovaná po blocích. Každý blok lze programovat samostatně. Má omezenou životnost danou maximálním počtem zápisu do stejného místa (100 000x). Paměti na principu Flash se používají v digitálních fotoaparátech a kamerách nebo v počítačích vyžadující nízkou spotřebou. Maximální kapacita flash paměti je zatím až 256 GB. Tahle hranice bude ale brzy překonána. V dnešní době je hodně používána a cenově velmi dostupná. Pomalu vytlačuje klasické optické disky, které jsou náchylnější k poškození a náročnější k uskladnění.

#### ➤ Pevný disk (HDD)

Pevný disk se skládá z několika disků (ploten) s magnetickou vrstvou, do které se zapisují data. Každá plotna má vlastní čtecí a zapisovací hlavičky, které se nadnášejí na vzduchovém polštáři. Disky musí být tedy uloženy v prachotěsné a vzduchotěsné schránce a jsou náchylné na otřesy. Když se disky přestanou točit, hlavičky parkují na určené místo, mimo datovou oblast.

Velikost ploten je 2,5“ (notebooky, přenosné HDD - napájené skrze USB ) a 3,5“ palců (HDD do PC sestav, serverů, velké přenosné disky - vyžadují externí napájení). Organizace dat na disku je na stopy (kružnicový výsek), které se příčně člení na sektory o velikosti (512Byte). Sektory se dále sdružují do clusterů.

V běžných discích plotny rotují rychlostí 7 200 ot/min, vyšší třída disků se točí rychlostí 10 000 ot./min a u některých serverových disků i 15 000 ot./min. Na druhé straně jsou takzvané „zelené disky“ otáčející se rychlostí 5 400 ot./min. Jejich využití se nalézá tam, kde je přednější nižší spotřeba, nižší teplota a nižší hluk na úkor nižšího výkonu (např.HTPC, notebooky, netbooky,...).

### ➤ SSD Disk (Solid State Drive)

Nemá žádné mechanické části. Jsou rychlejší, spotřebují méně energie, ale jsou dražší než klasické disky. Skládají se z flash paměti a tak je možné ihned přistoupit k jakémukoliv souboru. Kapacita těchto disků je zatím až 600GB. Existují i hybridní SSD disky, které kombinují klasickou mechaniku s rychlou flash pamětí. Nevýhodou je menší životnost zápisů než u HDD. Kolem 100 000 zápisných/čtecích cyklů.[11]

## 3.2 Paměťové karty

Paměťová karta je elektronické zařízení, sloužící k ukládání dat. Používá se v digitálních fotoaparátech, PDA, mobilních telefonech, přehrávačích a v dalších elektronických zařízeních. Obvykle je založena na paměti typu Flash EEPROM. Je to malé, kompaktní zařízení s relativně vysokou kapacitou odolné vůči magnetickým a elektrickým polím. Paměťové karty byly navrženy jako náhrada pevného disku pro zařízení, ve kterých se klasické pevné disky nemohly použít (např. kvůli rozměrům nebo vibracím) a jsou také lehce přenosné a mají malou spotřebu.

V roce 2001 obsadila poměrně malá karta SmartMedia (SM) více než polovinu trhu s paměťovými kartami a paměť Compact Flash zase ovládla trh s kartami pro fotoaparáty. S rozvojem mnoha dalších funkcí v mobilních telefonech přišly i nové generace paměťových karet s menšími rozměry a se sníženým napájením na 3,3 V. Velcí výrobci elektroniky přišli s vlastními formami karet, jejich výrobky podporují výhradně vlastní karty, např. (Sony - Memory Stick(MS), Olympus - XD (XD Picture Card)). Srovnání velikostí některých starších typů karet můžeme vidět na Obr. 16.

V současné době jsou základem trhu čtyři typy paměťových karet: SD (Secure Digital), MMC (Multimedia Card), CF (Compact flash) a díky rozšíření výrobků Sony také Sony MS (Memory Stick). Nejpopulárnější a vlastně takovým neoficiálním standardem se stala karta SD (Secure Digital) s modifikacemi (různými velikostmi) pro téměř všechna elektronická zařízení využívající tyto technologie.



Obr. 16 Srovnání velikostí některých karet [12]

Dnešním trendem je hlavně miniaturizace a tak mnohé karty jsou dodávány výrobci v modifikacích s malými rozměry. Elektronická podstata karet zůstává stejná, mění se pouze pouzdro (např. SD - miniSD - microSD). Hlavním důvodem je rozvoj mobilních telefonů, které se z původního zařízení na telefonování přeměnily ve velmi krátkém čase na hybrid, který umožňuje také fotografování, filmování, přehrávání hudby, rádia, přístup na internet, hraní her, přenášení údajů s možností vytvoření lokálních sítí (bluetooth, wifi...). To vyžaduje vhodné přenosné paměťové médium, kterým je právě paměťová karta. Spousta telefonů má mimo zabudované vnitřní paměti také slot pro paměťové karty typu miniSD a microSD a starší telefony klasické SD karty.

Ještě donedávna byly velikosti karet řádově v MB, dnes je jejich nejmenší kapacita 2 GB a dají se koupit karty až o velikosti 128 GB.

Snahou je, aby bylo možné používat tyto karty i pro záznam obrazu (i v HD kvalitě), čímž vytlačí všechna ostatní, k tomuto účelu používaná, záznamová média z trhu. Je zde reálná možnost, že při dalším poklesu cen zaútočí i na CD a DVD média a hudba a filmy se budou distribuovat výhradně na paměťových kartách.

V dnešní době se SD karty začínají prodávat jako SDHC (SDXC) karty s označením class (třída). Toto označení znamená minimální přenosovou rychlost. Např. class 10 má minimální přenosovou rychlost 10MB/s. Samozřejmě čím větší class-tím větší rychlost přenosu a samotného zařízení, znamená to však i vyšší cenu karty.

Na Obr. 17 je uvedena tabulka vybraných typů paměťových karet.

Název	Zkratka	Velikost
CompactFlash I	CF-I	43,0 x 36,0 x 3,3 mm
CompactFlash II	CF-II	43,0 x 36,0 x 5,5 mm
SmartMedia	SM / SMC	45,0 x 37,0 x 0,76 mm
Memory Stick	MS	50,0 x 21,5 x 2,8 mm
Memory Stick Duo	MSD	31,0 x 20,0 x 1,6 mm
Memory Stick PRO Duo	MSPD	31,0 x 20,0 x 1,6 mm
Memory Stick PRO-HG Duo	MSPDX	31,0 x 20,0 x 1,6 mm
Memory Stick Micro M2	M2	15,0 x 12,5 x 1,5 mm
Multimedia Card	MMC	32,0 x 24,0 x 1,5 mm
Reduced Size Multimedia Card	RS-MMC	16,0 x 24,0 x 1,5 mm
MMCmicro Card	MMCmicro	12,0 x 14,0 x 1,1 mm
Secure Digital	SD	32,0 x 24,0 x 2,1 mm
miniSD	miniSD	21,5 x 20,0 x 1,4 mm
microSD	microSD	11,0 x 15,0 x 1,0 mm
Secure Digital High Capacity	SDHC	32,0 x 24,0 x 2,1 mm
microSDHC	microSDHC	11,0 x 15,0 x 1,0 mm
xD-Picture Card	xD	20,0 x 25,0 x 1,7 mm

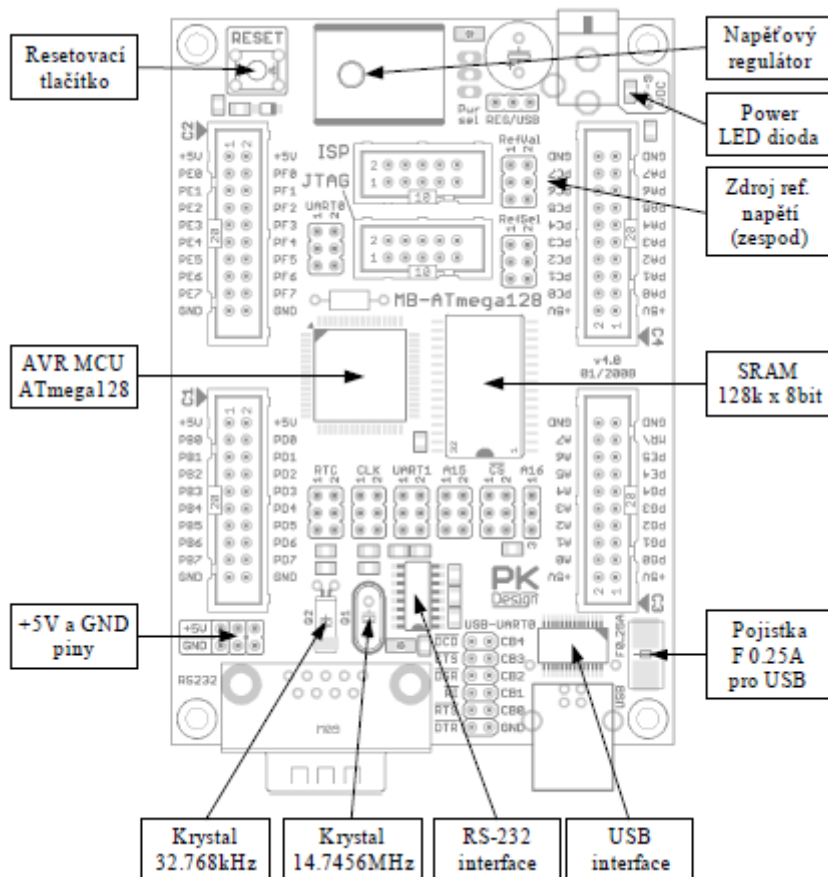
Obr. 17 Tabulka vybraných paměťových karet [12]

Informace v této kapitole byly čerpány z [8,9,10,11,12].



## 4 POPIS POUŽITÉHO HARDWARU

Pro naše potřeby byla vybrána základová deska MB-ATmega128 v4.0 od firmy PK-design, která obsahuje mikrokontrolér firmy ATMEL ATmega128. Tato jednotka slouží k vývojovým a výukovým účelům. Dále se dá použít do vestavěných řídicích systémů a pro komunikační systémy. Díky vyvedeným portům na konektory lze snadno připojit velké množství rozšiřujících modulů. Na obrázku Obr. 18 je zobrazen celý modul i s periferiemi, které obsahuje.

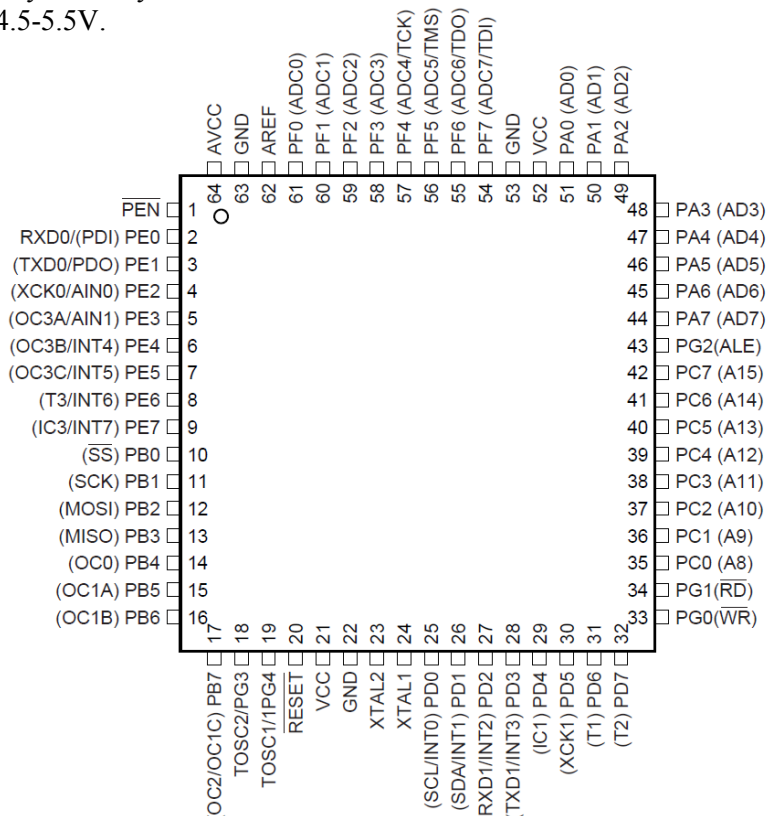


Obr. 18 Periferie základové desky MB-ATmega128 v4.0 od firmy PK-design [13]

### 4.1 Vlastnosti mikroprocesoru ATmega128

- 8-bitový RISC mikrokontrolér.
- Plně statická funkce. Interní kalibrovaný RC oscilátor.
- Dvou-cyklová násobička na čipu.
- 133 výkonných instrukcí, většinou jedno-cyklových.
- 32 osmibitových registrů pro obecné použití.
- Výkon - 16 MIPS / 16 MHz
- 128kB programové FLASH paměti, 10.000 zápisových/mazacích cyklů
- 4kB EEPROM paměť, 100.000 zápisových/mazacích cyklů.
- 4kB interní SRAM paměť.
- JTAG (IEEE std. 1149.1) rozhraní s možností programování a ladění.
- 8-kanálový 10-bitový A/D převodník, analogový komparátor.

- Bytově orientované sériové rozhraní (TWI).
- Dvě programovatelné USART komunikační rozhraní.
- Master/slave SPI sériové rozhraní.
- Programovatelný Watch-dog časovač s vestavěným oscilátorem.
- Dva 8-bitové čítače a dva 16-bitové čítače, každý s vlastní před-děličkou.
- Dva 8-bitové PWM kanály.
- 6 PWM kanálů s programovatelným rozlišením 2-16 bitů.
- Čítač reálného času RTC s odděleným oscilátorem.
- 6 režimů snížené spotřeby
- 53 programovatelných I/O vývodů.
- Napájecí napětí 4.5-5.5V.



Obr. 19 Patice mikroprocesoru ATmega128 [20]

Více informací v datasheetu [20].

## 4.2 Vlastnosti základové desky

- Obsahuje RISC-ový MCU Atmel ATmega128-16AU TQFP64.
- Možnost použití volně dostupný software Atmel AVR Studio či WinAVR-GCC.
- MCU se programuje ISP nebo JTAG
- Všechny I/O vývody MCU jsou přístupny na konektorech
- Vestavěné periferie je možné odpojit a konfigurovat pomocí propojek (velká univerzálnost)
- Napájecí napětí pro MCU a pro připojené moduly (+5V), napěťový regulátor na desce.
- Připojena SRAM paměť 128k x 8bit, 55ns.
- Nastavitelná napěťová reference pro interní AD převodník.
- Dodávána s krystalem 14.7456MHz.
- Pro vnitřní RTC obvod je odpojitelný krystal 32.768kHz.
- 2 odpojitelná sériová rozhraní: 1x RS-232 a 1x USB (FT232R).
- Resetovací tlačítko RESET.
- Rozměry: 25mm x 74mm x 107mm

### 4.3 UniProg-USB - univerzální Programátor

UniProg-USB - univerzální programátor 1.0 je programátor, který slouží k programování mikrokontrolérů AVR. Jako programovací software lze použít a budeme používat Atmel AVR Studio 4 a pro nahrání programu do mikrokontroléru budeme používat ISP PKDesign AVR ISP Programmer v6.56.



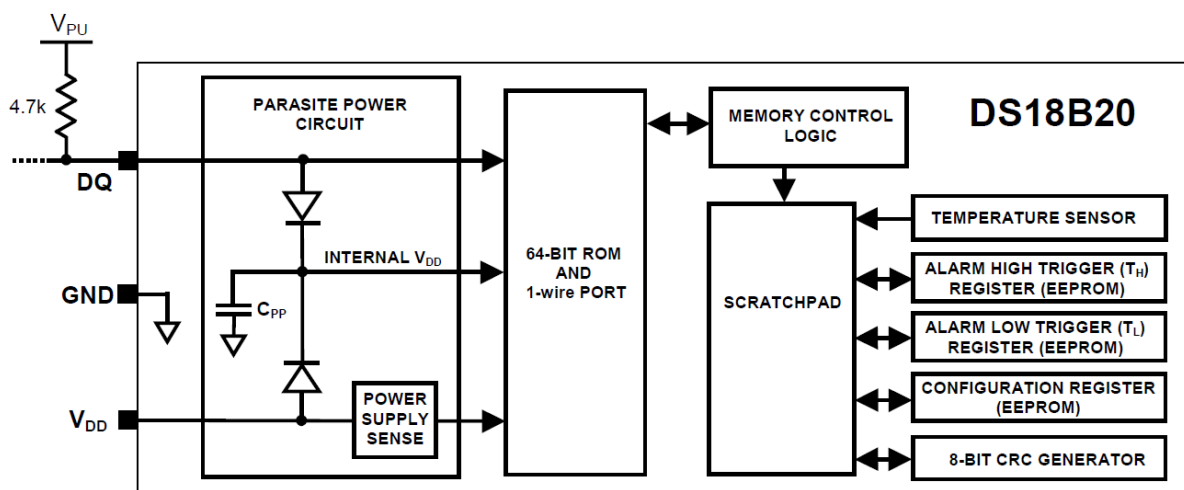
Obr. 20 UniProg-USB - univerzální programátor 1.0 [14]

Vlastnosti programátoru:

- Vysoká univerzálnost použití:
  - Vysokorychlostní programování AVR přes ISP rozhraní
  - Programování a ladění AVR přes JTAG rozhraní z AVR studia
  - Převodník USB - SPI
  - Voltage logger / voltmeter - 2x ADC IN
  - Pomalý logický analyzátor / digitální controler - až 7 DIO
- Galvanické oddělení.
- Programování přímo v aplikaci (výstupy jsou typu 3 stavová logika).
- Jednoduché připojení k PC přes USB port.
- Možnost změny vnitřního firmware pomocí vestavěného bootloaderu.
- Automatické spuštění ISP/JTAG firmware na základě detekce typu připojeného kabelu (s/bez redukce v programovacím konektoru MLW10).
- Velmi malé rozměry – obal je typu „redukce CAN9-CAN9“.
- Napájení 3.3V-5.0V (z připojené aplikace).

### 4.4 Teplotní čidlo DALAS DS18B20

Je digitální teplotní čidlo s rozlišením od 9 do 12-bitů. Komunikuje po sběrnici 1-Wire a potřebuje tedy k tomu jen jeden datový vodič (a zemnicí vodič) pro komunikaci s mikroprocesorem. Dokáže měřit v rozsahu od -55°C do +125°C, s přesností  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  v rozsahu od -10°C do +85°C. Kromě toho si dokáže brát energii (parazitní energie) přímo z datové linky a tak není třeba externí napájecí zdroj. To je spíše jako alternativa a je lepší použít externí napájení +5V. Na Obr. 21 je vidět blokové schéma.



Obr. 21 Blokové schéma DS18B20 [16]

Výstupní data z čidla jsou ve stupních celsia. Data z čidla jsou uložena, jako 16-bitová ve dvojkovém doplňku se znaménkem, v teplotním registru (Obr. 22). Znaménkové bity S indikují, jestli je teplota kladná nebo záporná. Pro kladné hodnoty je  $S = 0$  a pro záporné  $S = 1$ .

	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
LS Byte	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$	$2^{-1}$	$2^{-2}$	$2^{-3}$	$2^{-4}$
	bit 15	bit 14	bit 13	bit 12	bit 11	bit 10	bit 9	bit 8
MS Byte	S	S	S	S	S	$2^6$	$2^5$	$2^4$

Obr. 22 16-bitový teplotní registr [16]

Výhodou tohoto čidla je, že lze snadno připojit na kabel. Díky 1-Wire komunikaci jsou tedy potřeba jen 3 vodiče (datový, napájecí a zemnicí). Proto tohle řešení bylo využito a použito v práci.[15]

#### 4.5 Paměťová microSD karta Kingstone

Pro záznam dat byly vybrány paměťové karty microSD 2GB s SD adaptérem známé firmy Kingstone, která je předním výrobcem pamětí na světě a vyrábí téměř všechny druhy pamětí. To je jeden z důvodů výběru a druhý je pořizovací cena. V dnešní době jsou ceny SD karet velmi nízké a microSD karty jsou dokonce levnější než ty standardní velikosti. Na desce dataloggeru je instalován port pro kartu standardní velikosti, je tedy nutné použít adaptér, který byl již součástí balení. Vlastní karta i s adaptérem je vidět na Obr. 23.



Obr. 23 microSD Kingstone 2GB s SD adaptérem [15]

V této kapitole byly čerpány informace z [13,14,16,15,20]

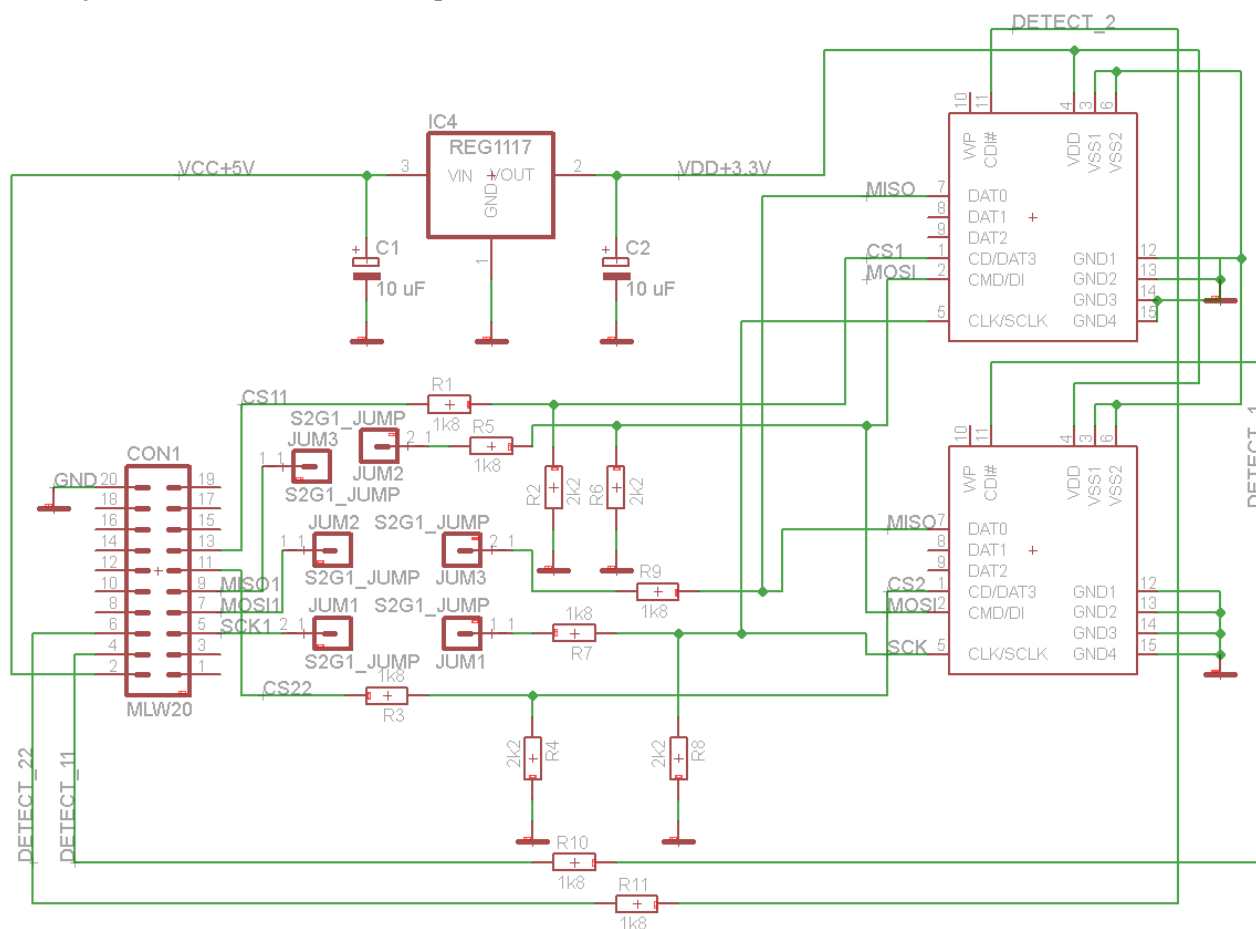
## 5 NÁVRH MODULU DATALOGGERU

Modul byl vyroben jako jednotka, která se připojuje k mikrokontroléru přes konektor MLW20 přímo na stejný konektor portů základní desky mikrokontroléru. K návrhu plošného spoje byl použit vývojový software Eagle verze 5.4.0 pro Windows Light Edition, který je možné používat jako freeware. Tahle verze je ovšem omezena a liší se oproti profesionální verzi tím, že použitelná plocha desky je omezena na 100 x 80mm, editor schématu může vytvořit schéma jen na jednom listu a mohou se používat jen dvě signálové vrstvy spojů (vrchní a spodní). Déle ji lze použít jen pro nekomerční nebo výukové účely a podpora je dostupná pouze na fóru nebo emailem.

Vlastní modul se skládá ze dvou portů pro SD karty, které jsou k sobě připojené paralelně. O napájení karet se stará stabilizátor napětí TS1117CW33 RP, který nám stabilizuje napětí +5V, které odebíráme ze základní desky mikrokontroléru, na 3,3V, které SD karty pro svůj chod vyžadují. Maximální proudový odběr stabilizátoru je 1A. SD karta si bere kolem 65mA při čtení a 75mA při zápisu, takže pro chod obou karet je stabilizátor plně dostačující. Déle jsou zde odpory, aby byla možná komunikace mezi +5V logikou mikrokontroléru a +3,3V logikou SD karet a jumpery pro odpojení SPI.

Dále tu máme 2 sloty pro SD karty s detekcí zasunutí karty. Piny (detekce zasunutí karty) na pouzdře slotů jsou přivedeny na piny PD0 a PD1 portu mikrokontroléru, na kterých se nachází vstup externího přerušení INT0 a INT1. Datový vstup karet MOSI je připojen na pin PB2 a datový výstup MISO na PB3. Na PB1 máme připojen hodinový signál CLK. Na PB4 a PB5 jsou připojeny Chip Selecty karet (CS). Schéma zapojení navrženého modulu můžeme vidět na obrázku Obr. 24. Pinové výstupy SD karty můžeme vidět v tabulce Obr. 25.

SD karta má 2 módy, ve kterých pracuje. Tedy SD mód a SPI mód. My budeme používat SPI mód jelikož budeme komunikovat přes SPI sběrnici mikrokontroléru.

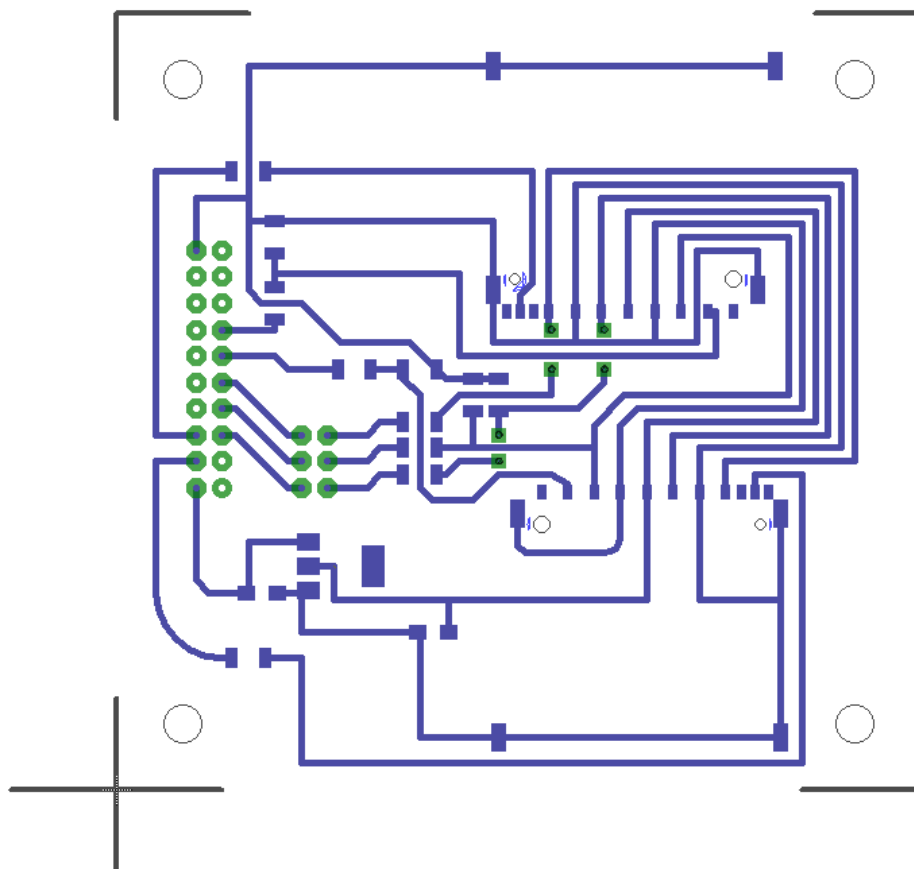


Obr. 24 Schéma zapojení modulu dataloggeru

Pin	Název	Typ	Popis
1	CS	Vstup	Chip Select (aktivní log. 0)
2	DataIn	Vstup	Host-to-card příkazy a data (MOSI)
3	V <sub>SS1</sub>	Napájení	Zem
4	V <sub>DD</sub>	Napájení	Napájecí napětí (3,3V)
5	CLK	Vstup	Hodiny
6	V <sub>SS2</sub>	Napájení	Zem
7	DataOut	Výstup	Card-to-host data a status (MISO)
8	RSV <sup>4</sup>	---	Rezervovány
9	RSV <sup>5</sup>	---	Rezervovány

Obr. 25 Tabulka popisu pinů SD karty v SPI módu.

Ze schématu vytvořeném v Eaglu, byl navrhnut plošný spoj, který je vidět na Obr. 26. Spoj byl následně vyleptán a osazen potřebnými součástkami, které jsou v SMD provedení. Jejich seznam je uveden v tabulce Obr. 27.



Obr.26 Návrh plošného spoje Dataloggeru



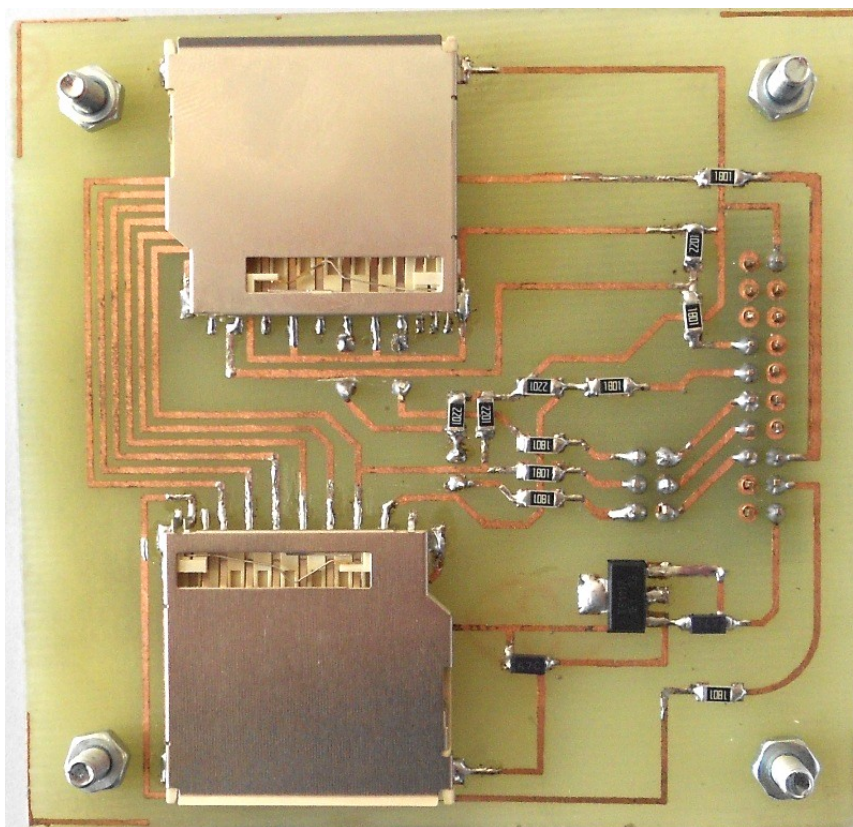
Typ	Označení	Hodnota
Rezistor	R1, R3, R5, R8, R9, R10, R11	1k8 $\Omega$
Rezistor	R2, R4, R6, R8	2k2 $\Omega$
Kondenzátor	C1, C2	10uF
Konektor MLW20	CON1	---
Regulátor TS1117CW33 RP	REG1117	+3,3V výstup
Slot-SD030	SD1, SD2	---
Jumper	JUM1, JUM2, JUM3	---

Obr. 27 Tabulka použitých součástek

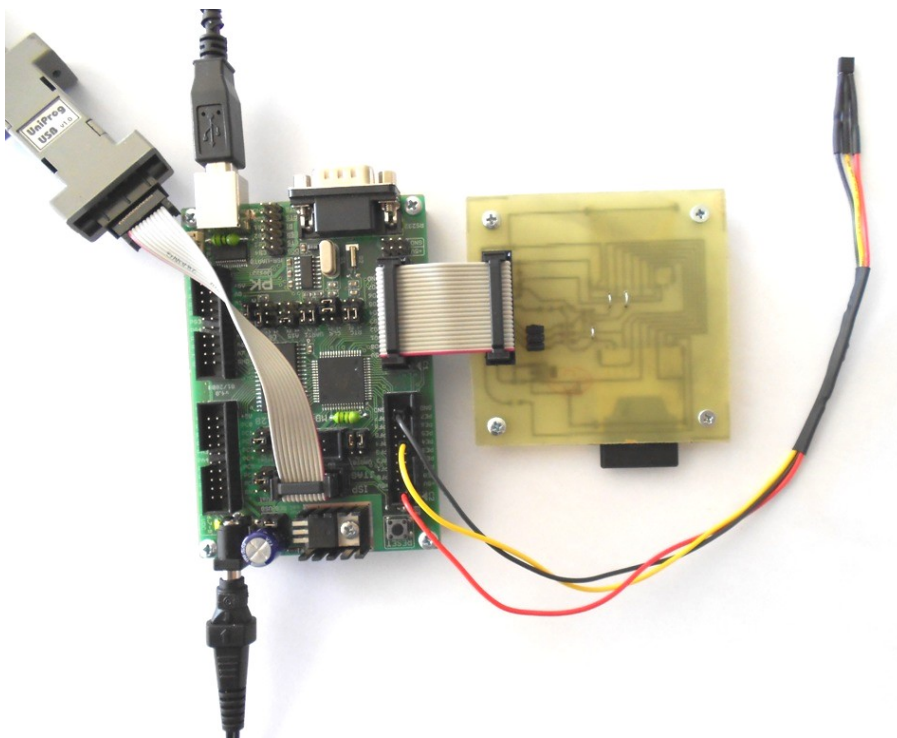
### 5.1 Hotový modul dataloggeru

Plošný spoj již hotového modulu můžeme vidět na obrázku obr. 28. Dále na obrázku obr. 29 je modul připojený k mikrokontroléru ATmega128 na PORT B a D. Na PORTu E je připojeno vlastní teplotní čidlo. K připojení datového vodiče lze zvolit jakýkoliv PIN. Zde je využit PIN 5.

Dále je zde možno vidět programátor, který slouží k nahrání programu do mikrokontroléru, a který je připojen přes ISP rozhraní.



Obr. 28 Plošný spoj modul dataloggeru.



Obr. 29 Modul dataloggeru připojený k mikrokontroléru.

## 5.2 Základní příkazy SPI módu SD karty

SD karta se řídí podle řídicích příkazů, které jsou posílány skrze SPI sběrnici mikroprocesoru. Formát příkazu má velikost 6 bytů. První byte je příkazový a první dva bity (6 a 7) musí být 0 a 1, jak je ukázáno v tabulce obr.30. Zbylých pět bitů tvoří příkaz. Byty 2 - 5 reprezentují argument příkazu a poslední byte je kontrolní součet CRC.

Byte 1		Byte 2-5		Byte 6	
7	6	5	0	31	0
0	1	Command	Command Argument	CRC	1

Obr. 30 Formát příkazu [17]

Binární kód příkazu je definován mnemotechnickým symbolem. Např. CMD0 je binárně (000000) a CMD39 je binárně (100111). Tabulka základních příkazů, je na obr. 31.



CMD	Argument	Resp	Zkratka	Popis
CMD0	-----	R1	GO_IDLE_STATE	Reset SD karty
CMD1	-----	R1	SEND_OP_COND	Aktivace inicializace karty
CMD9	-----	R1	SEND_CSD	Vyžádání specifických dat karty (CSD)
CMD12	-----	R1B	STOP_TRANSMISSION	Vynucení zastavení přenosu během čtení více bloků
CMD13	-----	R2	SEND_STATUS	Vyžádání Status registru
CMD16	[31:0 délka bloku]	R1	SET_BLOCK_LEN	Označení délky bloku v bytech pro čtení a zápis
CMD17	[31:0 adresa dat]	R1	READ_SINGLE_BLOCK	Přečte blok dat vybraných příkazem CMD16
CMD18	[31:0 adresa dat]	R1	READ_MULTIPLE_BLOCKS	Posílání bloků dat z karty až do zastavení příkazem CMD12
CMD24	[31:0 adresa dat]	R1	WRITE_SINGLE_BLOCK	Zapsání bloku dat vybraných příkazem CMD16
CMD25	[31:0 adresa dat]	R1	WRITE_MULTIPLE_BLOCKS	Zapisování bloků dat z karty až do zastavení příkazem CMD12
CMD32	[31:0 adresa dat]	R1	ERASE_BLOCK_START_ADDR	Natavení adresy prvního zapsaného bloku k vymazání
CMD33	[31:0 adresa dat]	R1	ERASE_BLOCK_END_ADDR	Natavení adresy posledního zapsaného bloku k vymazání
CMD38	[31:0 bity věci]	R1b	ERASE_SELECTED_BLOCKS	Vymazání označených bloků
CMD41				
CMD55	[31:0 bity věci]		APP_CMD	Oznámení dalšího příkazu jako aplikační příkaz
CMD58	-----	R3	READ_OCR	Přečtení OCR registru
CMD59	[31:1 bity věci], [0:0] CRC nastavení	R1	CRC_ON_OFF	Vypnutí CRC. 1 - zapnuto, 0 - vypnuto

Obr. 31 Popis příkazů SPI módu

### 5.2.1 Registry SD karty

V SPI módu jsou přístupné jen registry OCR, CSD a CID.

#### Operation Conditions Register (OCR)

Má velikost 32bitů a jsou zde uloženy profily napětí  $V_{DD}$ . OCR ukazuje rozsah napětí, ve kterém mohou být data karty přístupné. Rozpoznávací procedura podle napětí příkazem (CMD1).

#### Card Identification Register (CID)

Má velikost 16 bytů a obsahuje unikátní číslo karty. (ID výrobce, jméno produktu, sériové číslo, aj.

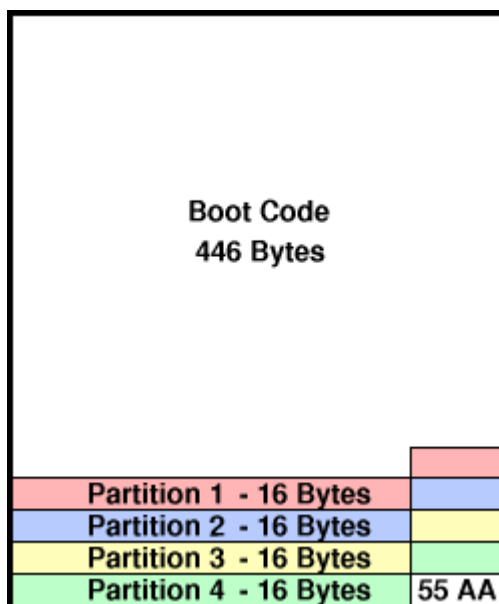
#### Card Specific Register (CSD)

Obsahuje informace konfigurace, aby bylo možné přistupovat k datům na kartě. Více k informacím ke kartě na [17].

### 5.3 Souborový systém FAT32

FAT (File Allocation Table) souborový systém se jako takový objevil na začátku osmdesátých let. Je to systém, který je podporován operačním systémem Windows. používá se na disky o velikosti 512MB - 2 TB.

První sektor na disku (kartě) se jmenuje Master Boot Record (MBR). Je umístěn na disku na prvním sektoru na Cylindru 0, hlavě 0 a sektoru 1. Je to první část, která se po spuštění načítá. Obsahuje také partition tabulku, která definuje různé sekce na disku. Má velikost 512bytů. Více informací o struktuře FAT je na [18].

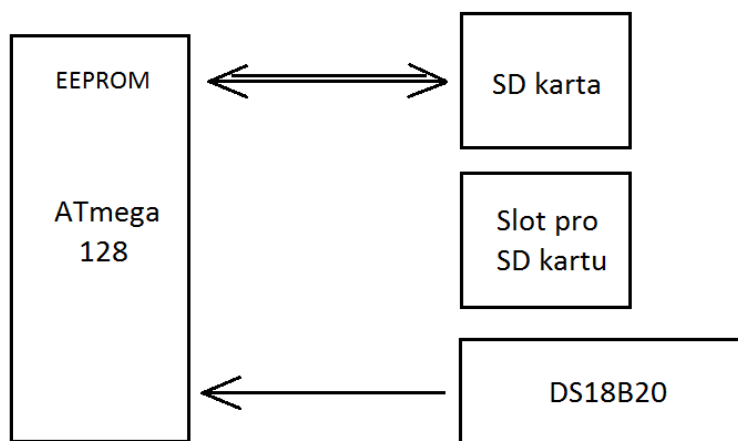


Obr.32 Master Boot Record [18]

## 6 PROGRAM

S vlastním modulem probíhá komunikace přes sériové rozhraní UART řešené USB převodníkem. Na počítači je jako terminál (prostředník) mezi zařízením a počítačem použit freeware program RealTerm verze 2.0.0.70. Pro napsání programu bylo použito vývojové prostředí AVR Studio 4.13 SP2 Build 571, které je zdarma možné stáhnout ze stránek výrobce PKdesign. Ke komunikaci s SD kartou a pro souborový systém byly použity knihovny FAT32, SD\_routines a knihovny pro SPI a UART z podobného projektu [19]. Některé z těchto knihoven bylo nutné upravit pro použití v našem projektu.

Na Obr. 33 je zobrazeno blokové schéma komunikace. Slot pro SD kartu je volný, a je plánován pro budoucí využití.



Obr. 33 Blokové schéma komunikace

### 6.1 Inicializace

Po nahrání programu do mikrokontroléru nebo při jeho spuštění nejdříve proběhne inicializace všech součástí, které budeme potřebovat pomocí funkce `init_devices()`. Zde se volají funkce pro inicializaci SPI (`spi_init()`), UART (`uart0_init()`) a také `port_init()` a povolení přerušení. Např. inicializaci portů můžeme vidět na obr. 34.

```

void port_init(void)
{
    PORTA = 0x00; // (display(volitelný) na portu A/C)
    DDRA = 0x00; // vstup
    PORTC = 0x00; // (display(volitelný) na portu A/C)
    DDRC = 0x00; // vstup
    PORTB = 0b00000010; // nastavení SCK na 1
    DDRB = 0b11110111; // MISO vstup, zbytek výstup
    DDRD = 0x00; // vstup (externí přerušení)
    PORTD = 0xFF; // zapsání jedniček, přerušení při log.0
    PORTE = 0x00;
    DDRE = 0x00; // vstup (teplotní čidlo)
}
  
```

Obr. 34 Inicializace portů

Dále probíhá vlastní inicializace karty přes funkci `SD_init()` a její detekci, zda se jedná o klasickou SD kartu (Ver 1.x) nebo o SDHC kartu (Ver.2.x). Načtení boot sektoru funkcí `getBootSectorData()`, kde se uloží potřebná data do globálních proměnných.

Po provedení daných kroků nám naběhne základní menu s výběry možností. V menu je udělaná funkce přerušení, takže pokud uživatel vyjme kartu, vloží jinou a zmáčkne libovolnou

klávesu, tak se aktivuje externí přerušení INT0 a provede se znova inicializace karty a vrátí se zpět do menu. Definici funkce přerušení je vidět na obr. 35. Po vyvolání přerušení se nastaví hodnota proměnné *vlozena* na 1 a tu pak porovnáváme v programu.

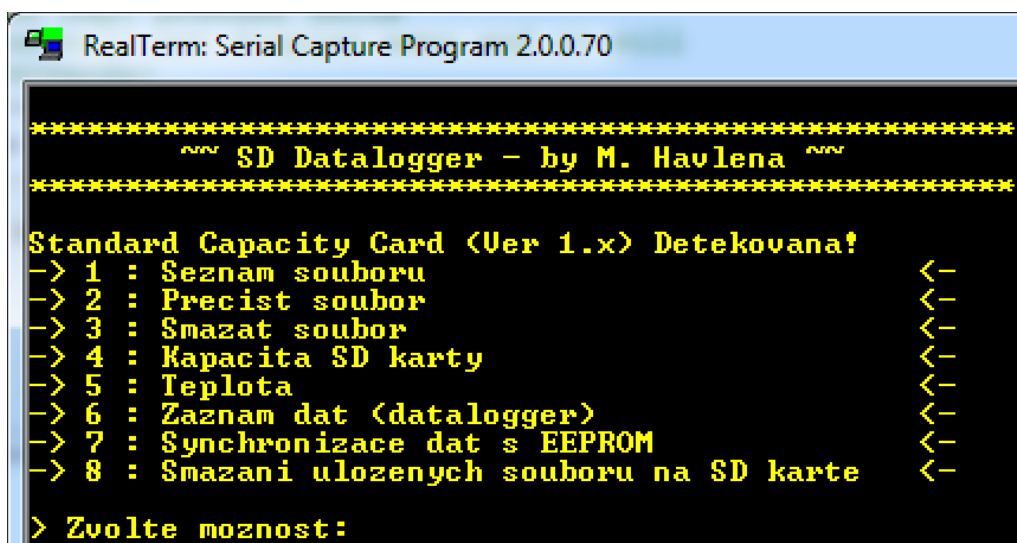
```
volatile unsigned char vlozena=0;
ISR(INT0_vect)
{
    vlozena=1;
}
```

Obr. 35 Funkce přerušení při vložení karty

## 6.2 Základní menu

Základní menu obsahuje ovládání (komunikaci) s SD kartou. Vzhled daného menu můžeme vidět na obr. 36. Menu je rozděleno do celkem osmi bodů. Zvolením čísla se vybere daná procedura, která se následně vykoná a stav, nebo požadovaná věc se vypíše na obrazovku.

Celé menu funguje na funkci pro vícecestné větvení *switch (option)*, kde po stisknutí příslušné klávesy se nahraje volba do proměnné *option* a provede se větev za příslušným case.

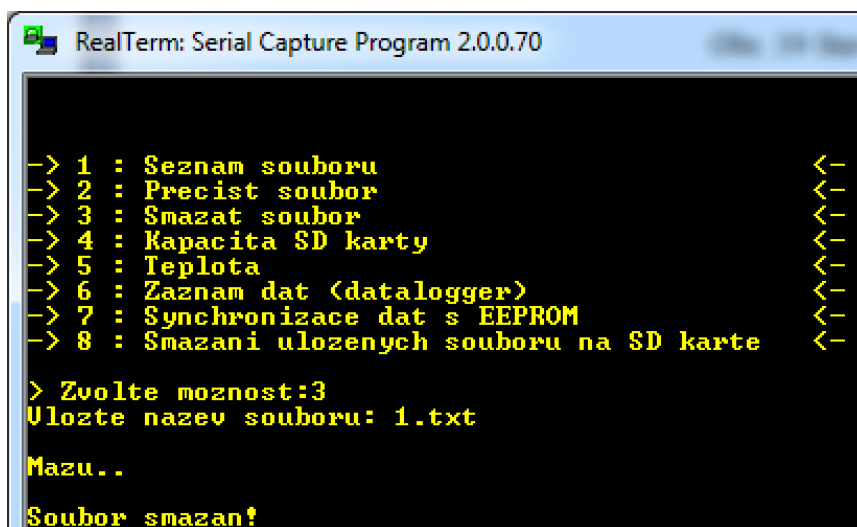


Obr. 36 Základní ovládací menu

### 6.2.1 Seznam souborů

Case 1 - seznam souborů nám vypisuje obsah SD karty, tedy soubory, které se na ní nacházejí. K tomuto účelu nám slouží funkce *findFiles(GET\_LIST, 0)*, která je definovaná v knihovně FAT32. Na obr. 37 je vidět obsah naší karty, která obsahuje čtyři záznamy o měření.





```

RealTerm: Serial Capture Program 2.0.0.70

-> 1 : Seznam souboru          <-
-> 2 : Precist soubor         <-
-> 3 : Smazat soubor          <-
-> 4 : Kapacita SD karty      <-
-> 5 : Teplota                <-
-> 6 : Zaznam dat (datalogger) <-
-> 7 : Synchronizace dat s EEPROM <-
-> 8 : Smazani ulozenych souboru na SD karte <-

> Zvolte moznost:3
Ulozte nazev souboru: 1.txt

Mazu..

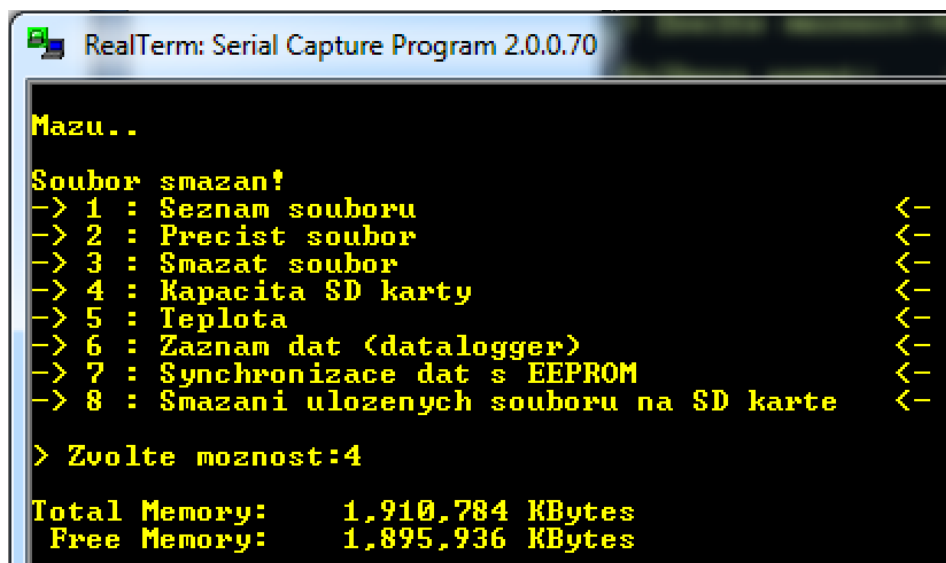
Soubor smazan!

```

Obr. 39 Smazání souboru

### 6.2.4 Kapacita SD karty

Case 4 - vypíše na obrazovku informace o stavu paměti na kartě. O tohle se stará funkce *memoryStatistics()*, která je definovaná opět v knihovně FAT32.c. Informace o stavu naší karty jsou vidět na obr. 40.



```

RealTerm: Serial Capture Program 2.0.0.70

Mazu..

Soubor smazan!

-> 1 : Seznam souboru          <-
-> 2 : Precist soubor         <-
-> 3 : Smazat soubor          <-
-> 4 : Kapacita SD karty      <-
-> 5 : Teplota                <-
-> 6 : Zaznam dat (datalogger) <-
-> 7 : Synchronizace dat s EEPROM <-
-> 8 : Smazani ulozenych souboru na SD karte <-

> Zvolte moznost:4

Total Memory:    1,910,784 KBytes
Free Memory:     1,895,936 KBytes

```

Obr. 40 Stav paměti SD karty

### 6.2.5 Teplota

Case 5 - vypíše aktuální teplotu na obrazovku a pokud je připojený LCD display, tak se teplota zobrazí i na něm. Úkolem této práce bylo ověřit funkčnost při měření teploty, tak je tu dána i tato možnost zjištění si aktuálního stavu teploty z teplotního čidla. Pro tohle byla napsána funkce *mereni\_tep()*, která je vidět na Obr. 41 a využívá knihovnu *dalas.c*. Tato funkce vypisuje stav teploty z čidla na možné připojené LCD, pro které je zde obsažena knihovna *knihovnaLCD.c* a také na obrazovku terminálu pomocí instrukce *transmitString()*.

```

void mereni_tep(void){

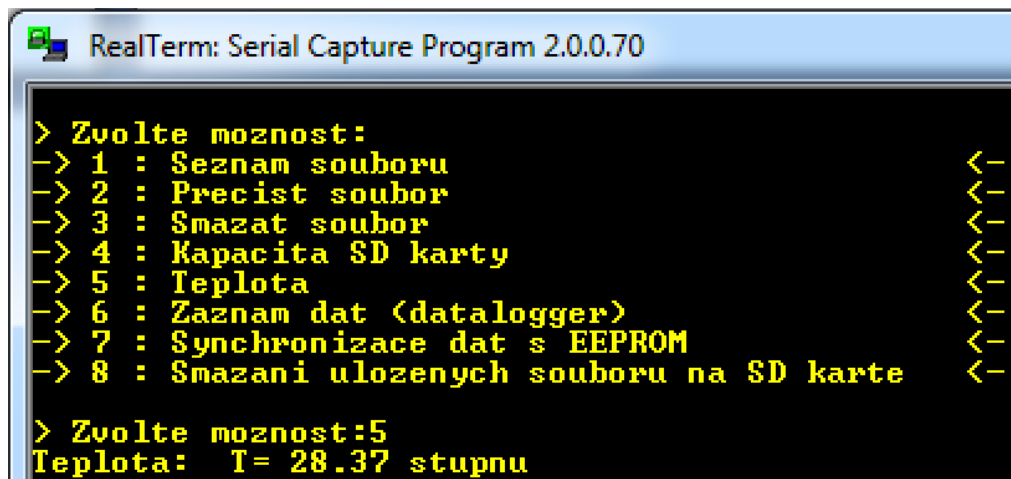
    LCD_Init();                //inicializace LCD
    LCD_Clear();               //vymazání LCD
    _delay_ms(2);

    teplota1=Read_Temperature(); //přečtení teploty z teplotního čidla dalas

    T=(float) teplota1/100;     //převedení teploty na float
    LCD_Position(0 , 0);       //nastavení pozice na LCD
    _delay_ms(2);
    sprintf (bufferT, "T= %4.2f stupnu", T); //převod teploty do správného formátu
    LCD_WriteString(bufferT);   //

    _delay_ms(500);
    TX_NEWLINE;                //nový řádek
    transmitString_F(PSTR("Teplota: ")); //napsání textu přes UARTu
    transmitString(bufferT);    //vypsání teploty přes UART
    TX_NEWLINE;
}

```

Obr. 41 Funkce *mereni\_tep()*

Obr. 42 Vypsání teploty

### 6.2.6 Záznam dat (datalogger)

Case 6 - záznam dat začne probíhat po vybrání šesté možnosti. U tohoto bodu probíhá záznam dat z teplotního čidla Dallas na EEPROM a do paměťového bufferu, ze kterého jsou data na konci cyklu zapsána do souboru na SD kartu. Když je tenhle měřicí cyklus spuštěn znova, data se opět zaznamenávají na EEPROM od poslední adresy, na kterou byla zapsána poslední data a na kartě se na konci cyklu opět vytvoří soubor s jiným jménem, do kterého se zapíší naměřená data.

Synchronizace pak probíhá manuálně skrz volbu č.7, kde se obsah karty, resp. soubory s naměřenými daty vymažou a vytvoří se zde soubor, do kterého se nahrají zaznamenaná data z EEPROM. Každý soubor, který byl vytvořen je pak v souboru po synchronizaci na novém řádku v textovém souboru. Naměřené hodnoty jsou odděleny středníkem.

Pro tuhle funkci byl napsán kód, kde jeho část je na obrázku obr. 43.

```

bunka=zaloha;
i=0;
for(j=0;j<30; j++)
{
    teplota1=Read_Temperature();
    teplota1=teplota1/100;

    i2 = (int) teplota1;

    round(teplota1);
    eeprom_write_byte(bunka,teplota1);

    sprintf(new_value, "%d", i2);

    for (i3 = 0;i3<i4;i3++)
        if (new_value[i3] > 47 && new_value[i3] < 58)
        {
            dataString[i++] = new_value[i3];
        }

    dataString[i++] = ';';

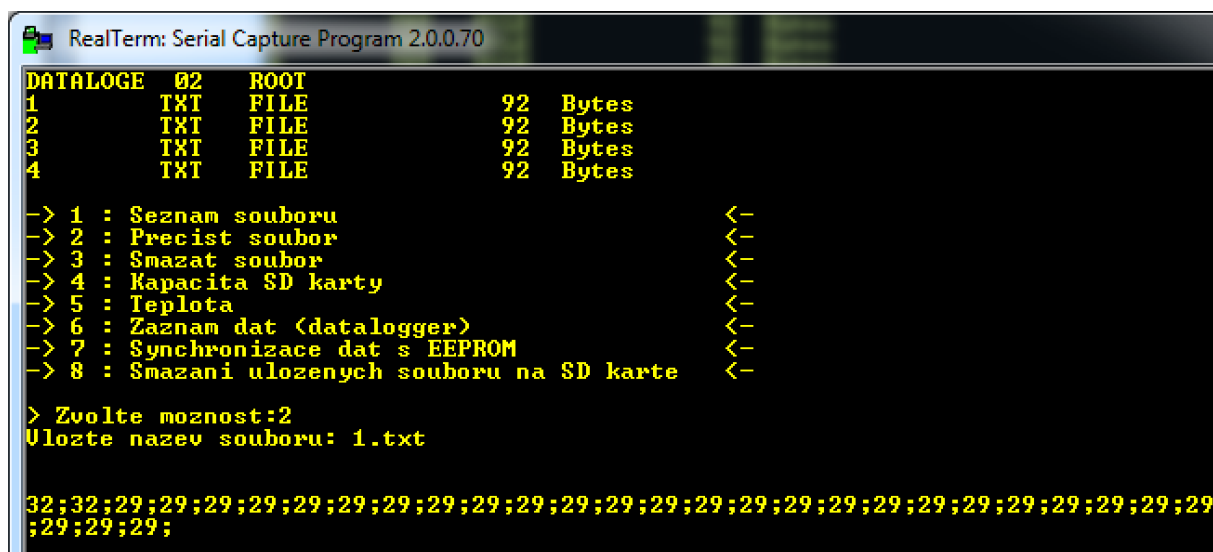
    _delay_ms(300);
    bunka++;
}

dataString[i++] = '\r';
dataString[i] = '\n';
writeFile(fileName);
zaloha=bunka;

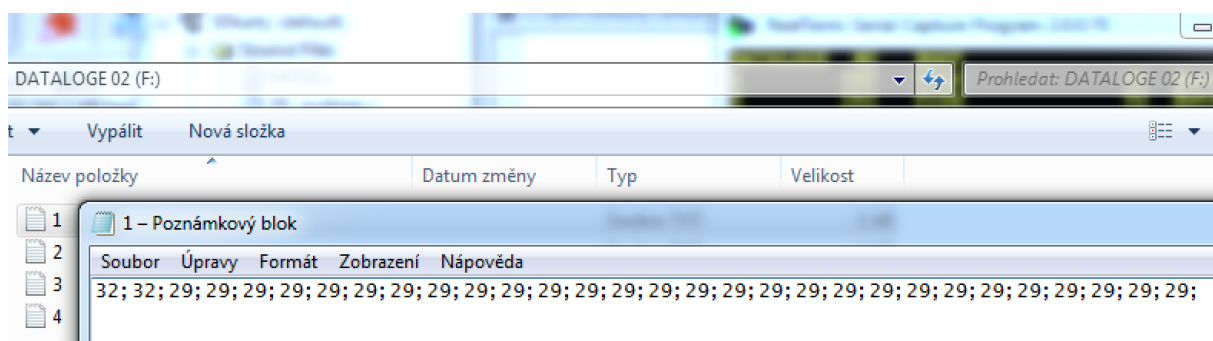
```

Obr. 43 Zápis dat do EEPROM a na SD kartu

Na obr. 44 je vidět vypsaná data z prvního měřicího cyklu a na obr. 45 jsou data přečtená z SD karty v počítači přes čtečku paměťových karet.



Obr. 44 Data z prvního měřicího cyklu na terminálu



Obr. 45 Data z prvního měřicího cyklu přečtená z SD karty





```

i=0;
bunkaX=0;
for(bunka1=0x01; bunka1<zaloha ; bunka1++){ //počítadlo průchodů
                                                //načtu do bunka1 adresu prvního volného bajtu

edata = eeprom_read_byte(bunka1); //načtu bajt z EEPROM

i1 = (char) edata; //převedení ascii hodnoty na int

sprintf(new_value, "%d" , i1); // zapsání získaného čísla do textové reprezentace
for (i3 = 0;i3<i4;i3++) // prepisani naseho cisla tam kam chceme po znacich
if (new_value[i3] > 47 && new_value[i3] < 58)// zajimaji nas jen cislovky 0 az 9
{
    dataString[i++] = new_value[i3]; //zapsání dat do bufferu
}

dataString[i++] = ','; //oddělení mezi daty
bunkaX++; //počítadlo hodnot
if(bunkaX==30) //po 30 hodnotách uložit obsah bufferu na kartu
{
    dataString[i++] = '\r';
    dataString[i] = '\n'; //odřádkování v souboru
    for(i=0; i<13; i++) fileName[i] = 0x00; //vymazání možného názvu
    fileName[0] = 'E';
    fileName[1] = '.';
    fileName[2] = 't';
    fileName[3] = 'x';
    fileName[4] = 't'; //vytvoření názvu souboru
    writeFile(fileName); //zapsání souboru
    i=0;
    bunkaX=0; //vynulování počítadla
}

}
dataString[i++] = '\r';
dataString[i] = '\n'; //konečné odřádkování

for(i=0; i<13; i++) fileName[i] = 0x00;
fileName[0] = 'E';
fileName[1] = '.';
fileName[2] = 't';
fileName[3] = 'x';
fileName[4] = 't';

writeFile(fileName); //zapsání dat do souboru

```

Obr. 48 Část zdrojového kódu synchronizační procedury

### 6.2.8 Smazání souborů na SD kartě

Funkce mazání karty funguje tak, že jsou postupně načteny názvy souborů a po jednom smazány z karty. Tato funkce vymaže jen soubory vytvořené dataloggerem, ostatní soubory nesmaže, pokud se ovšem nebudou jmenovat stejně a nebudou mít stejný formát souboru.

## 6 ZÁVĚR

V rámci této práce byl navrhnout, realizován a otestován modul dataloggeru na měření teploty s paralelním záznamem naměřených dat na SD kartu a vnitřní paměť mikrokontroléru EEPROM. Modul má ovšem využitelnost pro záznam jakýchkoliv dat ne jenom zde testované teploty. Může zaznamenávat data prakticky z jakéhokoliv zařízení, které poskytuje nějaká data, a je potřeba je uložit, zachovat a případně archivovat.

Vlastní modul byl navržen pro dvě paměťová úložiště, přičemž druhé úložiště je připojeno k prvnímu paralelně a tedy sdílí stejné spoje pro data a hodiny. Chip Select karet je připojen na různé piny a to z důvodu výběru karty. Druhé paměťové úložiště bylo otestováno a funguje také. Není zatím možnost provozu obou karet současně, ale to je plánováno do budoucna pro možné rozšíření. Např. jako náhrada vnitřní paměti EEPROM, která není až tak velká, aby se na ni mohlo ukládat velké množství dat.

Jak je vidět z obrázků výsledků, tak se úspěšně podařilo zprovoznit samotný modul a základní funkce pro SD kartu, která používá souborový systém FAT32. Mezi funkce patří - vypsání souborů v kořenovém adresáři, čtení souboru a následního vypsání na obrazovku přes UART a smazání souboru. Statistika připojené SD karty nepracuje zcela korektně a bude ji nutné upravit, ale na funkčnost nemá zásadní vliv. Dále se podařilo udělat samotnou funkci dataloggeru, kterou je ukládat data z čidla na SD kartu a současně do EEPROM. Takto uložená data v EEPROM je možné synchronizovat s vloženou SD kartou, přičemž jsou všechna uložená data z EEPROM nahrána do souboru na SD kartu. Pokud na kartě budou nějaké soubory z předešlých záznamů nebo synchronizace, budou smazána ovšem data uživatele nikoliv. Tohle je výhoda, že si uživatel může použít jakoukoliv kartu, bez většího rizika ztráty dat. Na SD kartě ovšem musí být souborový systém FAT32.

Využití takového dataloggeru je velmi široké. Hlavní využití je tam, kde je třeba uchovat nějaká data pro pozdější zpracování třeba na PC. Např. může být využit jako datové úložiště při měření různých fyzikálních veličin, v meteorologické stanici, ve spolupráci s GPS jako tracker, kniha jízd v autě, seznam knih, prostředník pro nějaké důmyslné zařízení, při použití Bluetooth, ZigBee nebo XBee možnost bezdrátové obsluhy.

Do budoucna je v plánu rozšířit funkčnost i na druhou SD kartu tak, aby EEPROM sloužila jako taková zálohovací paměť a její současnou práci převzala druhá karta.

Práce je součástí řešení VVZ MSM 0021630529 - Inteligentní systémy v automatizaci.



## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Mikrokontroléry PIC: Vše o osmibitových mikrokontrolérech PIC. [online]. [cit. 2012-04-20]. Dostupné z: <http://mikrokontrolery-pic.cz/zaciname/>
- [2] VÁŇA, Vladimír. *Mikrokontroléry ATMELE AVR: popis procesorů a instrukční soubor*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2003, 335 s. ISBN 80-730-0083-0.
- [3] Instrukční sada procesoru: Typy instrukčních sad. [online]. [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~mackalov/>
- [4] HORDĚJČUK, Vojtěch. Informatika: Počítač. [online]. [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: <http://voho.cz/wiki/informatika/pocitac/>
- [5] AVR 8- and 32-bit Microcontrollers. ATMEL CORPORATION. [online]. [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <http://www.atmel.com/products/microcontrollers/avr/default.aspx>
- [6] MAITAH, Josef. *Snímání a zobrazování signálu GPS*. Praha, 2009.
- [7] Mikrokontrolery AVR firmy Atmel. [online]. [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: [http://www.tme.eu/html/PL/mikrokontrolery-avr-firmy-atmel/ramka\\_1605\\_PL\\_pelny.html#](http://www.tme.eu/html/PL/mikrokontrolery-avr-firmy-atmel/ramka_1605_PL_pelny.html#)
- [8] Elektronická paměť - Wikipedie. [online]. [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektronick%C3%A1\\_pam%C4%9B%C5%A5](http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektronick%C3%A1_pam%C4%9B%C5%A5)
- [9] Paměti: Paměti. [online]. [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: <http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/PAMETI.HTML>
- [10] Vnější paměti - Wikipedie. *Wikipedie* [online]. [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: <http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/PAMETI.HTML>
- [11] Pevný disk - Wikipedie. *Wikipedie* [online]. [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Pevn%C3%BD\\_disk](http://cs.wikipedia.org/wiki/Pevn%C3%BD_disk)
- [12] Paměťová karta - Wikipedie. *Wikipedie* [online]. [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Pam%C4%9B%C5%A5ov%C3%A1\\_karta](http://cs.wikipedia.org/wiki/Pam%C4%9B%C5%A5ov%C3%A1_karta)
- [13] PK DESIGN. *Manuál : Základová deska MB-ATmega128 v4.0* [online]. 2008 [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: [http://pk-design.net/Datasheets/Zakladova\\_deska\\_ATmega128\\_v40.pdf](http://pk-design.net/Datasheets/Zakladova_deska_ATmega128_v40.pdf)
- [14] PK Design - Atmel AVR, Xilinx CPLD, FPGA Development (EVM) Boards. PK DESIGN. [online]. [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: <http://pk-design.net/HtmlCz/ProgCables.html>
- [15] 2GB Micro Secure Digital Card (SD) Kingston adapt. | Internetový obchod NEJCENY.cz. [online]. [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: <http://www.nej-ceny.cz/212790/2gb-micro-secure-digital-card-sd-kingston-adapt.html>
- [16] h DALLAS SEMICONDUCTOR. *DS18B20 Digital Thermometer* [online]. [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/dokumentace/530/530-067/dsh.530-067.1.pdf>

[17] SANDISK. *SanDisk SD Card: Product Manual* [online]. 2004 [cit. 2012-05-24].

Dostupné z: <http://www.flashgenie.net/img/productmanualsdcardv2.2final.pdf>

[18] STOFFREGEN, Paul. Paul's 8051 Code Library: Understanding the FAT32 Filesystem.

*Wikipedie* [online]. [cit. 2012-05-23]. Dostupné z:

<http://www.pjrc.com/tech/8051/ide/fat32.html>

[19] Design with Microcontrollers: microSD ATmega32 Data-Logger. *CC Dharmani* [online].

Chennai, Indie, Tuesday, May 10, 2011 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z:

<http://www.dharmanitech.com/>

[20] ATMEL CORPORATION. *Datasheet-ATmega128* [online]. 2011 [cit. 2012-05-24].

Dostupné z: <http://vyuka.zuth.cz/ATmega128.PDF>